# Tâche 4.2. Évaluations des qualités créatives, de la performance créative et caractérisation de la créativité évolutionnaire

Réalisé par Nicolas Gregori et Lara Schmitt, SITCOM, InterPsy

L'objectif de cette tâche est d'observer la créativité dans un environnement décisionnel complexe en recourant à un protocole d'observation et d'évaluation des performances des objets conçus. Il s'agit d'évaluer le processus créatif lui-même car c'est ce processus et non pas seulement les résultats obtenus qui supportent, ou non, la créativité des acteurs, même si les résultats peuvent eux-mêmes faire l'objet d'une évaluation en termes de créativité.

La situation a évolué entre le projet proposé et sa mise en place effective. En effet, ce n'est pas un mais deux outils qui ont été développés et soumis aux analyses. Si le protocole d'observation est identique dans les deux cas, la quantité d'analyses à produire est, elle, très largement augmenté avec un potentiel humain identique. Par ailleurs, cela a généré un temps de développement plus long qui a reculé d'autant les premières observations. Dans le projet initial, les premières observations (automne 2011) devaient permettre de relever des points cruciaux pour le développement qui devaient donner lieu à une seconde série d'observation (automne 2012). Les versions prototypes ayant été développées au printemps 2012, il n'aura pas été possible de déployer les deux temps de l'observation et nous en sommes restés au stade de l'analyse exploratoire, sans passer à celle de l'analyse systématique. Pour autant, cette situation a ses intérêts car cela a donné l'occasion d'observer l'usage de deux produits différents pour un objectif identique : assister la créativité dans le domaine de l'architecture. Cela oriente la structuration de ce compte rendu.

Nous commencerons par rendre compte du protocole d'observation et notamment des enseignements méthodologiques qu'il permet de tirer. Ensuite, nous rendrons compte successivement de l'observation de la version lyonnaise d'EcCoGen (EcCoGen-L) puis de la version nancéienne (EcCoGen-N). Nous ferons alors une synthèse globale et poursuivrons par des perspectives pour d'éventuelles suites à ce projet.

Pour identifier les binômes et les acteurs, nous utilisons les références suivantes.
– B1L : Binôme 1, expérience de Lyon
– B2L : Binôme 2, expérience de Lyon
– B1N : Binôme 1, expérience de Nancy
– B2N : Binôme 1, expérience de Nancy
– EC1L : sujet du binôme 1 placé devant le poste EcCoGen-L, expérience de Lyon
– SK1L : sujet du binôme 1 placé devant le poste Sketchup, expérience de Lyon
– EC2L : sujet du binôme 2 placé devant le poste EcCoGen-L, expérience de Lyon
– SK2L : sujet du binôme 2 placé devant le poste Sketchup, expérience de Lyon
– EC1N : sujet du binôme 1 placé devant le poste EcCoGen-N, expérience de Nancy
– RH1N : sujet du binôme 1 placé devant le poste Rhino, expérience de Nancy
– EC2N : sujet du binôme 2 placé devant le poste EcCoGen-N, expérience de Nancy
– RH2N : sujet du binôme 2 placé devant le poste Rhino, expérience de Nancy

## 1. PROTOCOLE D'OBSERVATION

Nous faisons ici le point sur le protocole expérimental effectivement mis en place et sur les enseignements à en retenir du point de vue méthodologique.

### 1.1. DESCRIPTION DU PROTOCOLE D'OBSERVATION

L'objectif d'observation était de confronter des utilisateurs-cibles (des élèves architectes avancés dans leurs études) à un outil d'assistance à la créativité en développement. Il s'agit donc de comprendre comment ces utilisateurs vont se saisir de l'outil, comment ils vont l'insérer dans des pratiques de conception architecturale. Pour cela, un programme a été élaboré par l'ensemble des partenaires du projet. Si les outils observés sont différents à Lyon (MAP-ARIA) et à Nancy (MAP-CRAI), le programme est le même (Annexe 1).

Pour répondre à cet objectif, nous avons mis en place le protocole d'observation suivant.
– Temps préparatoire (Lyon seulement) : Réalisation d'un manuel d'utilisation à l'environnement EcCoGen-L (Annexe 2). Ce manuel doit servir de guide pour la formation qui a lieu au temps 1.
– Temps 1 : Formation collective des utilisateurs respectivement à EcCoGen-L et à EcCoGen-N. L'objectif n'étant de tester directement les interfaces, mais de faire utiliser les outils dans un processus créatif, il convenait de forer les utilisateurs à ces outils.
– Temps 2 : Consignes de travail, données par binômes, juste avant la conduite du projet.
– Temps 3 : Séance de travail elle-même d'une durée prévue de trois heures.
– Temps 4 : Renseignement de questionnaires post-session destinés à une auto-évaluation de l'activité et du rôle de l'outil dans la conduite du projet (Annexe 3).
– Temps 5 : Debriefing commun réunissant les deux binômes ainsi que les partenaires du projet (MAP-ARIA et SITCOM-INTERPSY à Lyon, MAP-CRAI, MAP-ARIA et SITCOM-INTERPSY à Nancy).
Les temps 1, 3 et 5 ont été filmés, selon ou plusieurs angles selon les cas et le matériel disponible (un seul pour les temps 1 et 5, trois pour le temps 3 de Lyon et 4 pour le temps 3 de Nancy).

En fonction de la disponibilité des sujets, le déroulement des opérations s'est effectué sur deux à Nancy et trois à Lyon.

– ***Lyon***
Veille de l'expérimentation : Temps 1
Jour de l'expérimentation : Temps 2, 3 et 4.
Lendemain matin de l'expérimentation :Temps 5.

– ***Nancy***
Veille de l'expérimentation : Temps 1
Jour de l'expérimentation : Temps 2, 3, 4 et 5.

### 1.2. ENSEIGNEMENTS MÉTHODOLOGOQUES

Nous avions planifié un sixième temps, consacré à des auto-confrontations simples et croisées. Etant donné les contraintes liées à mise en place du projet, nous avons dû y renoncer. En revanche, nous avons fait évoluer la séance de debriefing. Initialement, nous avions planifié

de rencontrer les binômes séparément. Nous avons finalement choisi de faire tempigner les binômes au cours d'une même session. Si cela ne permet pas d'entrer aussi finement dans des perceptions propres à chacun des binômes, cela a en revanche l'avantage de croiser les expériences et de nourrir un dialogue entre eux. C'est pourquoi, en introduction de séance, nous leur avons demandé de rendre compte de leur travail non pas en s'adressant aux partenaires, mais en le présentant à l'autre binôme. L'objectif était d'éviter un discours de rationalisation pour favoriser ce que les tenants de l'auto-confrontation croisée appellent le ré-adressage, c'est-à-dire le fait que le discours ne serve pas uniquement à décrire des actions ou des représentations, mais qu'ils devienne un moyen d'amener l'autre à penser et à agir selon la perspective de celui qui parle. D'une certaine façon, nous avons cherché à combler l'absence de séance d'auto-confrontations par une situation favorisant autant que faire se peut ce type de dispositif.
Un autre aspect important du debriefing consiste en l'association des partenaires de développement. Ce temps de travail leur permet non seulement de questionner les sujets sur des questions techniques, sur des choix de conception ou encore sur des difficultés rencontrées avec l'outil, mais aussi d'avoir un retour rapide pour le développement de l'outil, ne nécessitant pas le retour, assez long, des études d'usages.
Les questionnaires post-session distribués aux sujets immédiatement après les séances de travail respectives. L'objectif est moins de comparer, puisque les effectifs sont très faibles, mais plutôt d'avoir des indications permettant de préparer les séances de debriefing.

# 2. DONNÉES LIMINAIRES

Dans cette partie, nous rendons compte des situations d'un point de vue plutôt quantitatif. Ces données concernent les questionnaires post-sessions ainsi que le déroulement de chacune des quatre situations. Nous présentons ensuite l'analyse globale des deux debriefings réalisés, ce qui permet de poser quelques points avant de procéder à l'analyse qualitative des situations d'utilisation d'EcCoGen-L et d'EcCoGen-N.

## 2.1. DONNÉES QUANTITATIVES SUR LES SITUATIONS OBSERVÉES

### 2.1.1. LES QUESTIONNAIRES POST-SESSION

Même si, comme cela a été dit plus haut, les questionnaires ne permettent pas de comparer les résultats en termes d'analyse de la créativité, nous pouvons tout de même les observer (Figure 1). Le tableau des résultats complet figure à l'annexe 4.

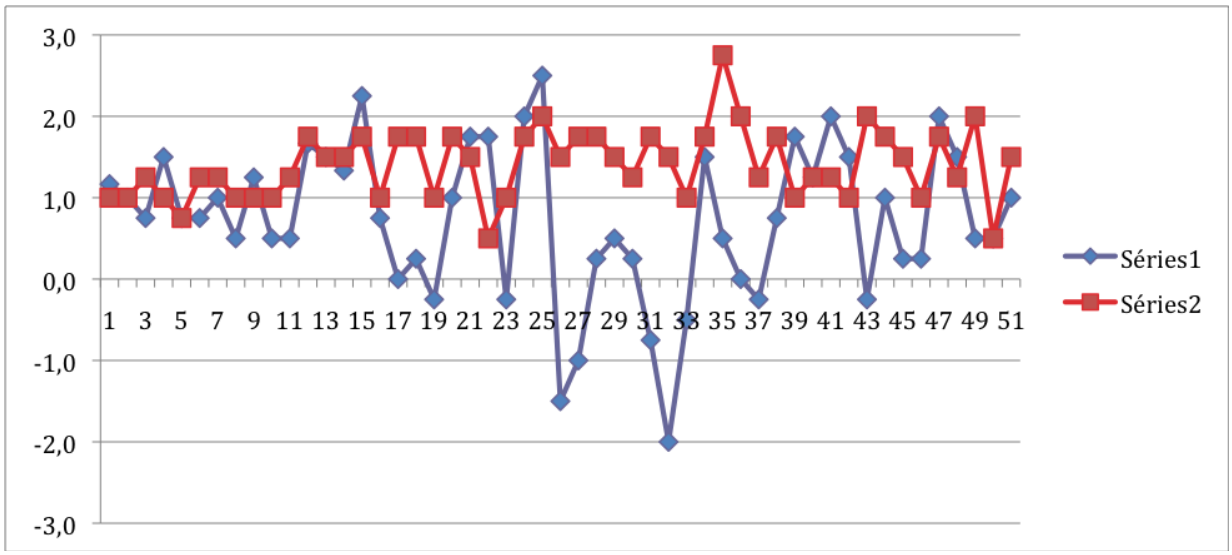



Figure 1. Réponses au questionnaires post-session (Séries 1 = Lyon ; Séries 2 = Nancy).

Un écart apparaît entre les utilisateurs d'EcCoGen-L et d'EcCoGen-N pour quelques items.
– 17 à 20 : Sur la lisibilité des données de l'interface, moins bien évaluée sur EcCoGen-L que sur EcCoGen-N.
– 26 à 33 : Sur la charge cognitive plus importante dans EcCoGen-L que dans EcCoGen-N (mémoire, recherche d'individus auparavant sélectionnés, efforts pour atteindre un résultat) ainsi que sur des aspects plus procéduraux (annuler une action) ou d'assistance (auprès du binôme ou d'autrui).
– 35 à 37 : Sur la moindre capacité d'EcCoGen-L à permettre d'identifier des familles d'individus, de faire le lien entre les critères de performance et de favoriser la créativité individuelle.
– 43 à 46 : Sur l'intégration de l'outil dans un cadre de formation et sur le soutien à la production d'idée par l'environnement, dans tous ces cas moindre pour EcCoGen-L.

Au vu de l'analyse des situations de travail, une première explication du fait qu'EcCoGen-L apparaît globalement moins performant qu'EcCoGen-N pour les sujets (et tout en conservant à l'esprit que cette "comparaison" doit rester très modeste étant donné les effectifs) relève du registre d'action fondamentalement différent dans les deux cas, EcCoGen-L étart mobilisé dès le début des séances de travail dans l'objectif de créer des espaces à construire alors qu'EcCoGen-N intervient tardivement dans le processus pour contribuer à une conception déjà élaborée par ailleurs par les sujets. Par ailleurs, dans l'expérience lyonnaise, les deux environnements informatiques sont clairement distingués. EcCoGen-L n'est pas Sketchup. Chacun de ces environnements est installé sur un poste spécifique. Ce n'est pas le cas pour EcCoGen-N car les trois environnements de travail (EcCoGen-N, Rhino et Grasshopper) sont certes distribués sur deux écrans mais ne concerne qu'un seulet même poste de travail. Ainsi, il n'est pas aisé de savoir si les évaluations produites par les sujets confrontés à EcCoGen-N ne concerne que ce seul environnement.

### 2.1.2. TEMPS PASSÉ SUR ECCOGEN / DURÉE DE LA SESSION

Ainsi que nous venons de le mentionner, les environnements EcCoGen-L et EcCoGen-N sont mobilisés de façons très différentes sur les sessions de travail (Figure 2). La durée initiale (3 heures) a été à peu près respectée par chacun des binômes.

Dans le cas d'EcCoGen-L que cet environnement est très mobilisé durant la première partie de la session de travail (début à 1h30 environ), en parallèle avec une activité de croquis et d'esquisses, puis qu'il est abandonné au profit de Sketchup qui va permettre aux sujets de développer la solution sur la base des individus sélectionnés dans EcCoGen-L. Ce travail sur Sketchup se poursuit par des dessins de définitions.

Dans le cas d'EcCoGen-N, le travail est d'abord réalisé sur Rhino puis associé à Grasshopper pour poursuivre la définition du projet. L'environnement EcCoGen-N lui même n'intervient que dans un second temps et n'a pas la même fonction que pour EcCoGen-L. Au lieu d'être un outil de création, il est un outil qui poursuit cette création. On note que dans le cas d'EcCoGen, il y a très peu, voire pas, de dessins de type croquis ou esquisse, ce qui tend à montrer que le processus créatif a été réalisé avant la mobilisation d'EcCoGen-N, même si, nous le verrons, EcCoGen-N agit tout de même dans ce champ.

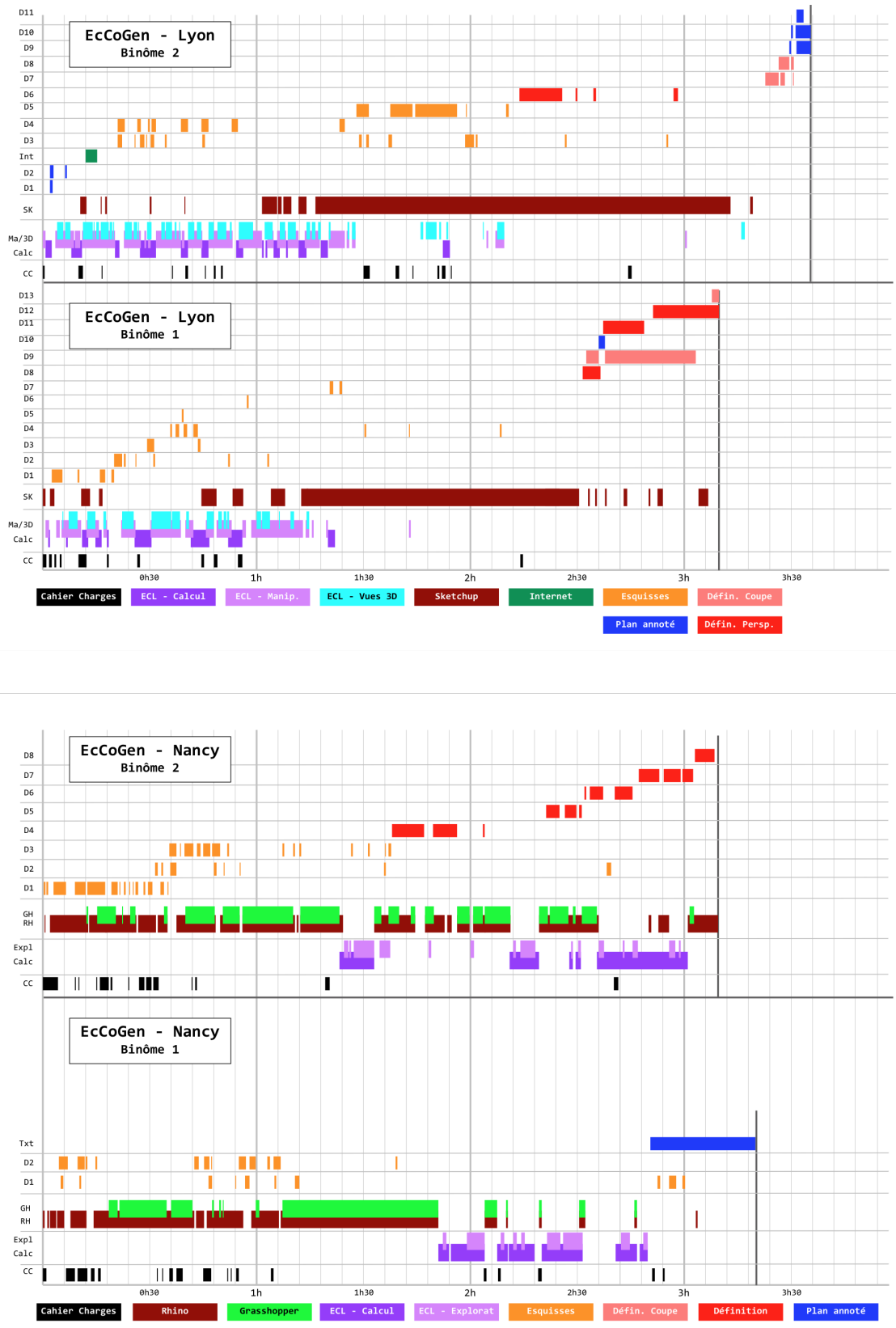



Figure 2. Déroulement des quatre sessions de travail.

## 2.2. RETOURS DES BINÔMES LORS DU DEBRIEFING ECCOGEN-L

Les informations qui figurent ci-dessous sont directement extraites du debriefing commun réalisé autour du projet EcCoGen-L. Plusieurs points sont discutés dans cette séance, qui renvoient à la mobilisation d'EcCoGen-L, à celle du logiciel complémentaire Sketchup, aux relations entre ces deux environnements de travail, au scénario de travail ainsi qu'aux améliorations préconisées par les binômes eux-mêmes. Des extraits de *verbatim* accompagnent les dimensions identifiées.

### 2.2.1. MOBILISATION D'ECCOGEN-L

***A. Comme fournisseur de données***

EcCoGen-L est un environnement qui est perçu comme une sorte de "fournisseur" de données ou de formes. Ce sont des sortes de « *gabarit* » (B2L) que les acteurs travaillent ensuite par des croquis et qu'ils spécifient dans Sketchup (B2L : « *on a cherché dans EcCoGen les solutions qui pouvaient évoquer ce dont on avait envie...* »). Ce travail ne concerne que la forme du bâtiment, sa structure (B2L : « *concentrés sur la façade* »), mais pas sur les matériaux.

Ainsi, EcCoGen-L supporte des idées un peu floue de départ (B2L évoque un « *aperçu des masses qui permet de faire le choix* »), ce qui est facilité par une lecture plutôt globale de la forme. En cela, EcCoGen-L s'inscrit dans une démarche de conception dont il est une sorte d'assistant. Cela génère du coup quelques frustrations car les utilisateurs manifestent aussi le besoin d'avoir des informations plus précises, notamment sur la performance de certaines parties des individus (B1L).

Parce qu'il propose des formes dont la performance énergétique est calculée, EcCoGen-L est aussi un soutien aux utilisateurs au sens où il leur donne des arguments techniques qui vont aider dans la discussion ultérieure avec les ingénieurs (B1L et B2L : « *c'est comme si c'était un ingénieur sur ces aspects-là, mais si on déborde sur ce qui touche à l'architecte ça prend un peu de notre rôle* »). Cela leur permet d'éviter de recourir à des formes intuitives en matière énergétique, ce qui est le cas d'ordinaire (B1L : « *on a des résultats facilement et on peut réagir* » ; B2L : « *on a [des préoccupations énergétiques] mais c'est pas facile d'avoir un retour rapide [ce que donne EcCoGen-L]* »). Cela construit un sentiment de confiance envers EcCoGen-L ou soulage une « *angoisse* » (B2L) concernant le développement durable. En effet, les utilisateurs peuvent se dire que la « *solution ne sera pas catastrophique même si c'est pas la meilleure* » (B2L). Toutefois, ce sentiment de confiance peut devenir un risque car il peut entraîner un « *manque de recul* » par rapport aux propositions du logiciel (B2L).

***B. Comme support de créativité***

EcCoGen-L ne fait pas que donner des informations, il permet aussi de faire évoluer une forme à partir de modèles identifiés (B2L : « *... et on les a fait travailler entre elles* » ; B2L : « *tout le projet vient de la jonction entre ces deux masses qui viennent s'appuyer par un ruban plutôt opaque* », ruban qui provient de « *l'observation des gabarits qu'il [EcCoGen-L] nous donnait* » et de « *ce que ça nous évoquait* »). Il permet de projeter des usages et de croiser une approche environnementale avec une approche plus classique (B2L) ou encore d'assurer la base du positionnement du bâtiment, la créativité personnelle pouvant alors entrer en jeu (B2L).

L'intérêt d'EcCoGen-L pour B1L et B2L est donc qu'il permet de faire évoluer l'idée de départ assez vite.
L'assistance à la créativité est aussi liée à la taille des cubes. En effet, si cette taille peut limiter l'évolution de la solution (B1L), elle peut aussi favoriser la créativité en ne définissant pas trop le projet, donc en laissant des incertitudes, de la divergence (B2L : « *ça laisse quand même une liberté assez confortable parce que ça ne contraint pas spécialement dans le programme* »).
Enfin EcCoGen-L autorise un déploiement plus "risqué" dans un temps limité. Sans lui « *on aurait fait des trucs qu'on connaît déjà* », « *on l'aurait pas axé sur les performances* » (B1L) ou encore « *ça aurait été moins poussé* » (B1L). Cette possibilité est offerte par le fait qu'EcCoGen-L valide des choix de conception faits par les utilisateurs (B1L : « *il nous a proposé oui vous pouvez faire le trou* » ; B2L : « *c'est permis* »).

***C. Limites à la créativité***

Cependant, EcCoGen-L peut limiter la créativité dans les contraintes qui sont les siennes (B2L : « *on voulait quelque chose de plus haut mais quand on demandait cinq étages, il nous balançait tout en haut [alors qu'il fallait une surface importante de supermarché au rez-de-chaussée]* »). C'est aussi le sentiment d'être confronté à des solutions relativement homogènes (B1L et B2L) ou la frustration de devoir conduire une architecture de bloc (B1L et B2L : « *ça contraint pas mal* » ; on fait des « *projets de masse* »).
On note aussi la difficulté de filer une solution dans la suite des générations (B2L : « *très vite ça dénaturait donc on revenait en arrière* ») ou encore la prépondérance de la forme sur les performances (B2L), or si les performances s'améliorent avec les générations successives, la forme qui a prévalu pour la sélection d'un individu se perd, ce qui gène les utilisateurs qui voudraient pouvoir mieux influencer l'évolution des générations d'individus. Enfin, les utilisateurs se plaignent du poids trop important de la performance énergétique alors qu'ils cherchent une forme « *agréable* » (B2L).

### 2.2.2. MOBILISATION DE SKETCHUP

Dans les deux cas, Sketchup permet de vérifier des choix de conception par l'intégration, voire la comparaison de modèles issus d'EcCoGen-L (B1L : « *on a gardé le plus performant de chaque modèle* »). Il permet également de vérifier que des choix architecturaux non directement issus d'EcCoGen-L sont satisfaisants en termes énergétiques (B1L : « *vérifier que le soleil permet de faire un accumulateur* »). C'est donc un outil de décision (B1L).
Plus basiquement, Sketchup permet de lieux lire les formes des individus issus d'EcCoGen-L, de mieux en percevoir les caractéristiques physiques (trous, étages..., B1L et B2L).
L'importation dans Sketchup n'est cependant pas toujours très aisée (B2L) et il faut redessiner les blocs, ce qui ralentit la conception (B1L). Ce point est en discussion entre B1L et B2L car, selon SK2L, le fait de redessiner les blocs dans Sketchup est aussi un avantage au sens où cela permet d'exploiter différemment cette unité de base qu'est le bloc selon que l'on considère que c'est effectivement un bloc ou plutôt un gabarit, un support de formes.

### 2.2.3. LIENS ENTRE ECCOGEN-L ET SKETCHUP

Ainsi, Sketchup permet de poursuivre l'exploration des individus entreprise dans EcCoGen-L. C'est en outre un logiciel mieux maîtrisé par les binômes. Cette poursuite concerne non seulement la lecture des formes, mais aussi l'exploration de critères de performances qui ne sont pas actuellement dans EcCoGen-L. Sketchup permet de vérifier des performances énergétiques, mais EcCoGen-L permet de les avoir dès le début (B1L et B2L).

### 2.2.4. POINTS DE VUE ERGONOMIQUES SUR ECCOGEN-L

***A. Lecture / interprétation des individus***

Les binomes identifient plusieurs défauts ergonomiques ayant entravé leur travail.

– L'impossibilité de voir les étages en vue V9, mais uniquement la masse, ce qui *« complexifie »* (B1L) la lecture des individus proposés (B2L : *« c'est qu'en 3D [VP] qu'on voit où sont les cubes »*).

– Le fait de ne connaître que des fitness relatives et non absolues, ce qui rend la comparaison difficile des individus coup de cœur avec les individus de la génération courante (B1L).

– Le fait que la fitness globale de l'individu ne permet pas de comprendre quelles sont les parties les plus performantes sur un critère pour chacun des individus (B1L : *« savoir quelles sont les parties performantes dans une solution »*).

– Les différences entre les générations qui n'apparaissent pas suffisamment (B1L : *« on a dû chercher en profondeur ce qu'il racontait »* ; B2L : *« on a du mal à voir comment évoluent les paramètres dans les solutions »*).

– La difficulté de comprendre pourquoi un individu est efficace, quelles sont les zones les plus performantes afin de pouvoir argumenter par la suite ou pour décider de la conservation de l'individu et de la stratégie évolutionnaire (B1L).

***B. Interface***

Du point de vue de l'interface elle-même quelques points sont soulignés.

– Le manque de vision des paramètres de performance dans les vues en 3D, ce qui empêche de faire un meilleur choix (B1L et B2L).

– La difficulté de pouvoir comparer des générations entre elles dans les vues 3D (B1L) car il faut faire défiler tous les individus pour afficher celui qu'on cherche. Ainsi comparer l'objet 9 à l'objet 3 nécessite de faire défiler tous les objets intermédiaires.

– Les angles de caméra qui sont fixes en vue 3D alors que les utilisateurs aimeraient pouvoir choisir ces angles eux-mêmes.

***C. Aspects collectifs***

Le travail collaboratif est intéressant mais pose des limites, y compris du point de vue de la créativité.

– EcCoGen-L facilite l'accord au sein du binôme (B1L) car il fournit des objets qu'on peut manipuler. Il permet ainsi d'affiner ce sur quoi on est d'accord (B2L).

– Il permet de discuter de la disposition de la masse et impose d'obtenir un accord sur les individus EcCoGen-L avant une importation dans Sketchup pour développer la solution.

– Les binômes se sont sentis moins créatifs à deux que s'ils avaient été seuls car *« à deux on ne sait pas si les deux accordent la même importance aux critères de performance »* (B2L), ce qui génère certainement *« une plus grande prudence à deux »* (B2L).

### 2.2.5. AMÉLIORATION D'ECCOGEN-L

***A. Stratégie évolutionnaire***

Les binômes aimeraient pouvoir mieux influencer les générations successives selon des critères choisis (B1L, reformulé par un membre de l'équipe de développement : *« en pondérer l'importance »*). Ils voudrait pouvoir bloquer des points d'attraction, par exemple pour imposer une certaine surface sur un niveau (B1L et B2L : *« pouvoir contraindre à certains endroits »*).

Ils souhaiteraient également pouvoir hiérarchiser la valeur des performances afin que l'utilisateur ait connaissance des marges de manœuvre et des blocs à ne pas toucher (B2L : *« ça rend la perception sur le volume proposé plus facile et on a moins peur de voir tout s'effondrer »* ; B1L : *« l'important c'est pourquoi c'est performant plutôt que la masse en entier »*).

***B. Outil de vérification ou de comparaison***

Le besoin de contrôler les générations, mais aussi la créativité amène les binômes à penser un autre usage d'EcCoGen-L, celui de testeur énergétique de solutions développées par ailleurs, par exemple dans Sketchup (B1L). Ce qui pourrait également se faire par la mesure de l'écart entre une solution issue d'EcCoGen-L et ce qu'elle est devenue lorsqu'elle a été retravaillée par ailleurs, par exemple dans Sketchup (B1L : *« je mets dans EcCoGen et ça me donne les performances par rapport à ce que j'ai changé »* ; B2L : *« savoir si le compromis que tu as fait est acceptable »*). Ainsi, lorsque la conception est bien engagée, EcCoGen-L aurait une autre fonction, celle de comparer, de tester la solution en cours pour donner de l'information en termes de performances énergétiques.

### 2.2.6. LIMITES DU SCÉNARIO

Les binômes ont évoqué les limites du scénario en évoquant essentiellement la durée, jugée trop courte pour vraiment tester plusieurs types de solutions (B1L et B2L), ce qui explique qu'ils aient assez peu fait tourner EcCoGen-L sur plusieurs générations. Cette durée trop faible ne permet pas de trop jouer avec EcCoGen-L, elle engage les utilisateurs à chercher l'efficacité (B1L et B2L). Le risque de mettre la solution en développement en cause est jugé trop important par B1L et B2L si EcCoGen-L avait été relancé trop tardivement ou alors que la solution était déjà bien engagée.

Par ailleurs, plus de temps permettrait aussi de mieux comprendre le fonctionnement d'EcCoGen-L entre les générations. Ce test sur un temps plus long pourrait avoir lieu dans un autre cadre pédagogique.

## 2.3. RETOURS DES BINÔMES LORS DU DEBRIEFING ECCOGEN-N

Les mêmes éléments sont discutés à propos du debriefing organisé dans le cadre de l'utilisation d'EcCoGen-N. Cependant, EcCoGen-N est traité dans son aspect intégré, liant

l'outil évolutionnaire lui-même, mais aussi les deux environnements associés : Rhino et Grasshopper.

### 2.3.1. MOBILISATION D'ECCOGEN-N

***A. Comme support de décision***

Une caractéristique importante d'EcCoGen-N est qu'il permet de discriminer la performance des solutions élaborées par les binômes (B1N : « *finalement sans gradins et sans masque car la meilleure solution donnée par l'outil* » ; « *ceux sans [gradins] étaient mieux notés donc on a supprimé les gradins* »). Comme c'était le cas pour EcCoGen-L, EcCoGen-N produit un sentiment de confiance que l'on peut faire à l'outil (B2N : « *on peut tester quelque chose tout en étant sûr qu'on ne fait pas n'importe quoi* »). Notamment parce qu'il permet de vérifier rapidement si on est dans le bon chemin du point de vue énergétique.

La décision n'est cependant pas nécessairement pilotée par EcCoGen-N car B1N comme B2N ont été confrontés à une performance faible des gradins, ce qui a conduit à leur abandon pour B1N, mais à leur maintien pour B2N car « *ça a animé un peu la forme au lieu d'avoir quelque chose de lisse* ».

***B. Comme support de créativité***

L'intérêt d'EcCoGen-N en termes de créativité est qu'il permet d'utiliser beaucoup de fonctionnalités (B1N) ou encore que les utilisateurs sont confrontés à une accumulation d'individus qui suggère des formes (B1N). Ces formes sont plus ou moins originales, mais ne nécessitent pas d'être justifiées (B2N : « *faire des formes qu'on aurait pas fait (...) finalement la forme elle a un peu été posée là par hasard, dans un projet on essaie de justifier pourquoi* »).

Ainsi, la solution développée apparaît créative (B1N : « *l'arc est plus original car parfois on se cale sur le terrain donc on fait plus d'angles droits* »), mais difficile à comparer avec un travail plus "habituel" ; (B2N : « *l'idée était intéressante mais limitée au niveau de la créativité car on n'avait que trois outils (...) mais ça peut créer des balcons intéressants et ça peut créer une dynamique dans la façade* »). EcCoGen-N assiste la démarche de création sans faire perdre aux utilisateurs le bénéfice du choix de leur forme initiale, mais sur d'autres critères (choix sur les gradins ou sur les ouvertures). Son apport en créativité est affirmé par B2N à propos de la tour qu'il a développée au-dessus du rez-de-chaussée, tour dont ni la position ni la forme n'étaient fixées. Le binôme note cependant qu'il a pu conserver le contrôle du projet.

Par ailleurs, EcCoGen-N peut soutenir diverses stratégies : répondre à des questions sur des choix de conception (B1N : « *est-ce que l'ouverture de l'arc va faire varier les aspects thermiques ou ce que les gradins vont faire varier* ») ou proposer des formes (B2N : « *on a essayé de dessiner plusieurs configurations* »). Il est donc intéressant dans un cadre de formation car « *ça pousse à faire de l'architecture non standard et on a le droit en formation* » (B1N). Il permet également de travailler sur des aspects thermiques alors que d'ordinaire on privilégie l'esthétisme (B1N et B2N).

Enfin, comme c'est aussi le cas pour EcCoGen-L, la créativité est dans l'interprétation, y compris parfois dans l'imprévu ou la mauvaise lecture (cas de B2N et de la pointe de la tour) (B2N : « *il peut proposer des choses qu'on peut interpréter, mais c'est en voyant qu'on se dit "tiens voilà", en conception habituelle on peut voir des choses dans la rue qui vont servir à notre projet et je*

*pense que [EcCoGen-N] peut servir à ça* »). EcCoGen-N est donc perçu par les binômes comme un outil favorisant la divergence.

***C. Limites à la créativité***

Une limité importante réside dans la maîtrise impérative de Grasshopper (B1N et B2N ; ECN1 : « *parce que moi j'aurais pas pu* »). Cela demande en outre un « *un effort de paramétrage* » (B1N) qui fait qu'EcCoGen-N lui-même « *n'a fait que bouger dans ces variables* », même si cela correspond, selon les binômes, à la démarche dans un « *projet normal* ».

Dans l'environnement EcCoGen-N, les utilisateurs notent la difficulté à différencier les individus du point de vue formel (on retrouve cette même critique pour EcCoGen-L), ce qui ne permet pas toujours de créer des formes originales.

### 2.3.2. RETOURS ERGONOMIQUES SUR ECCOGEN-N

Le fait que les binômes aient bien plus mobilisés les environnements Rhino et Grasshopper que l'environnement EcCoGen-N lui-même ne permet pas d'en faire une évaluation très poussée du point de vue ergonomique.

***A. Lecture / interprétation des individus***

La lecture des individus est « *compliquée* » (B2N). Ce à quoi s'ajoute le fait que les utilisateurs ne peuvent pas s'orienter par rapport au site (B2N : « *la hauteur on ne voit pas trop sans l'environnement* » ; B1N : « *une vue sud aurait permis de mieux appréhender la courbe de la façade* »).

Par ailleurs, les binômes évoquent leur mauvaise compréhension des interactions entre les paramètres, notamment parce que les ombres portées étaient manquantes alors qu'elles sont importantes.

***B. Interface***

Du point de vue de l'interface elle-même, les binômes notent le manque de vues dans les résultats.

### 2.3.3. AMÉLIORATION D'ECCOGEN-N / RHINO-GRASSHOPPER

***A. Stratégie évolutionnaire***

Selon B1N et B2N, il conviendrait d'indiquer les ombres portées de l'environnement sur l'individu et celui de l'individu sur l'environnement. Une amélioration pourrait également consister dans le fait de donner la possibilité de fusionner des individus ayant le même centre de gravité pour en créer un seul (B1N).

EcCoGen-N doit permettre de vérifier que les utilisateurs ne s'éloignent pas de la performance énergétique quand ils développent le projet par ailleurs, avec d'autres environnements. Il faudrait aussi pouvoir intervenir au niveau des étages pour maîtriser mieux l'évolution des individus.

*B. Outil de vérification ou de comparaison*

Il serait intéressant d'améliorer l'affichage des individus afin de mieux voir les particularités des individus les uns par rapport aux autres (B2N). Le même binôme indique qu'une information sur les solutions les moins bonnes pourrait être intéressante car cela donnerait une information supplémentaire. En effet, les neuf individus proposés se ressemblent. Si les moins bonnes solutions étaient proposées, cela permettrait peut-être de mieux comprendre celles qui sont performantes.

#### 2.3.4. LIMITES DU SCÉNARIO

Comme c'est le cas pour EcCoGen-L, la durée de l'exercice est jugée insuffisante par B1N et B2N. Notamment parce qu'elle ne permet pas de tout tester (B2N : *« on a juste eu le temps d'essayer les gradins avec ombrage sur les vitres »*). La qualité perçue du projet n'apparaît pas très élevée aux binômes, mais sans que l'outil soit mis en cause. C'est plutôt que, dans le temps imparti, ils n'ont pas pu avoir un retour sur l'impact des choix réalisés. La durée du projet a fait qu'ils ont définit une forme puis l'ont conservée.

### 2.4. SYNTHÈSE DES DEBRIEFINGS

En synthèse de ces debriefings, nous notons les éléments suivants, communs aux deux situations observées.

– Importance de la forme dans la création, plus importante que les performances énergétiques, ce qui apparaît à plusieurs reprises dans les deux cas.

– Importance pour les binômes de rester les créateurs, EcCoGen n'étant qu'un support de cette créativité et non pas créatif en lui-même.

– Les deux environnements suscitent une certaine confiance, notamment dans le fait qu'ils permettent (ou devraient permettre) de vérifier des projets issus d'EcCoGen mais qui ont été développés par ailleurs, avec d'autres outils.

– L'homogénéité perçue des neuf individus proposés lors d'une génération ne permet pas de bien les différencier en termes de performances ni de formes.

– EcCoGen-N apparaît plus technique qu'EcCoGen-L du fait de la maîtrise nécessaire de l'outil Grasshopper.

## 3. ECCOGEN-L DANS LE PROCESSUS CRÉATIF

Nous allons maintenant passer à l'analyse proprement de l'utilisation des environnements EcCoGen. Nous passerons en revue les questions liées à l'ergonomie puis observerons l'activité des sujets. Pour ce faire, nous commencerons par EcCoGen-L et poursuivrons avec EcCoGen-N avant de faire une synthèse de ces observations.

## 3.1. L'INTERFACE ECCOGEN-L ET SON UTILISATION

### 3.1.1. ÉLÉMENTS D'INTERFACE D'ECCOGEN-L

Les utilisateurs sont confrontés à deux types d'interfaces sur EcCoGen-L, qui correspondent en fait à trois situations différentes.

– **L'interface principale** (Figure 3) permet de paramétrer notamment le nombre de niveaux du bâtiment en création ou encore le nombre de générations produites à chaque étape, sur le bas de l'interface. On y voit également la légende des paramètres utilisés en haut à gauche. Ceux qui sont utilisés dans ce prototype sont les paramètres de compacité (rouge), d'énergie (vert) et d'ombres portées (bleu). L'espace principal est celui des neuf meilleurs individus générés lors d'une étape (*step*). Ils pivotent tous en même temps et les trois performances citées avant apparaissent dans chacun des cadres.

Figure 3. Vue des 9 individus (V9).

Cette vue doit donc permettre aux utilisateurs de comparer les neuf individus, tant du point de vue de la forme que de celui des performances. Les deux colonnes de droite (12 cases) permettent de mettre de côté des "coups de cœur" afin de les conserver avant de relancer un calcul. La forme de ces coups de cœur n'évolue donc pas au cours des étapes successives et leurs performances non plus. Enfin, il est possible de sélectionner un ou plusieurs individus avant de lancer un calcul (le cadre dans lequel il apparaît est surligné de rouge), que cet individu soit l'un des neuf de la fenêtre principale ou l'un des coups de cœur.

– **La vue en 3D** (Figure 4) permet d'observer l'un des individus plus particulièrement, qu'il s'agisse d'un des neufs individus de la génération en cours ou de l'un des coups de cœurs. Dans ce mode de visualisation, les utilisateurs peuvent passer de l'un à l'autre individu à l'aide des touches directionnelles du clavier. Ils n'ont donc pas besoin de repasser par l'interface principale pour sélectionner un nouvel individu en mode 3D. Dans ce mode, le numéro de l'individu apparaît en haut à gauche de l'écran, ainsi que l'indication de ses performances.

On note immédiatement que les valeurs apparaissent dans l'ordre des carrés de couleurs, eux-mêmes proportionnels, ce qui facilite la lecture. Cependant, ces carrés de couleurs ne sont pas légendés, de sorte qu'il est nécessaire d'avoir mémorisé la signification des couleurs pour pouvoir les lire. Ceci est une erreur ergonomique manifeste. Enfin, dans ce mode, les utilisateurs peuvent orienter l'individu dans les trois dimensions, ainsi que les deux captures d'écran de la Figure 4 le montrent.

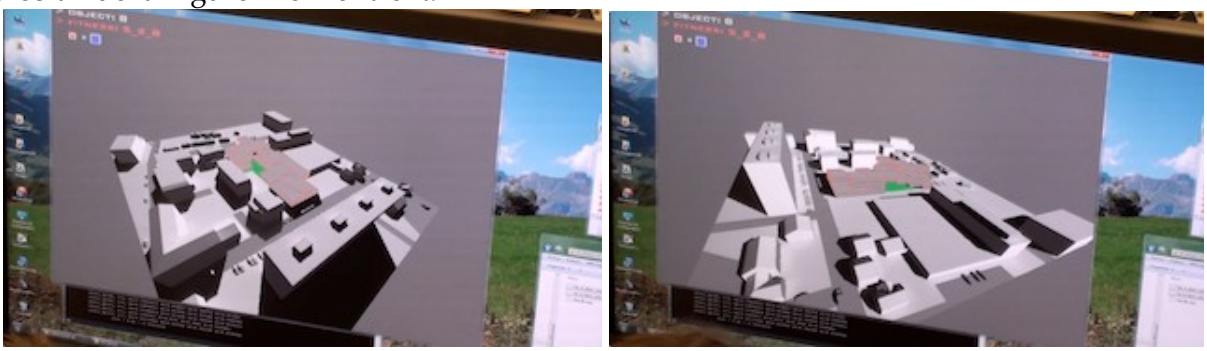


Figure 4. Vue 3D d'un individu sélectionné, selon deux angles (V3D).

– **Le zoom dans la vue 3D** (3DZ, Figure 5) permet, alors la molette de la souris, de s'approcher de l'individu afin de mieux l'observer. Là encore, les utilisateurs peuvent naviguer d'un individu à l'autre par les flèches directionnelles en conservant la même orientation du zoom. On remarque que le numéro de l'individu ainsi que l'information sur ses performances ne figure plus dans cette fenêtre, le zoom les en a "fait sortir". C'est là aussi une erreur ergonomique car les utilisateurs perdent très vite le fil des numéros au gré de leur navigation. Ils n'ont en outre plus aucune indication de la valeur écologique des individus qu'ils prospectent sous ce mode alors même que c'est l'un des enjeux de cet outil.

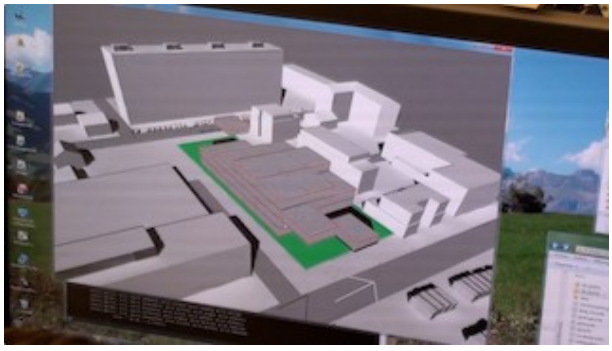


Figure 5. Vue 3D en zoom d'un individu sélectionné (V3DZ).

Enfin, le niveau de zoom est conservé lorsque les utilisateurs retournent dans la fenêtre principale (V9). Ainsi, s'ils n'ont pas zoomé (état V3D) lorsqu'ils retournent en V9, ils retrouveront une vue 3D de base. En revanche, s'ils ont quitté la vue en mode zoom (3DZ), alors ils reviendront dans le même état de zoom (et l'orientation définie) lorsqu'ils sélectionneront un individu depuis V9. Ils y accéderont donc sans les indications de numéro d'individu ni de performances.

### 3.1.2. COMMANDES PRINCIPALES DE B1L ET B2L SUR ECCOGEN-L (V9)

Les principales commandes réalisées sur l'interface principale d'EcCoGen-L (V9) par chacun des binômes apparaissent dans les deux tableaux ci-dessous (Tableau 1 et Tableau 2). On y voit que B1L a fait varier les niveaux (7 puis 4 étages) ainsi que le pas générations lors d'un calcul (1 puis 3 puis 10) alors que B2L n'a fait varier que les niveaux (7, 5, 3 puis 4), conservant le même pas pour tous les calculs (5). Autre observation, B1L réinitialise le système une seule fois lorsqu'il passe de 7 à 4 niveaux, faisant 3 calculs dans la première configuration et 5 dans la seconde. B2L, lui, réinitialise plus souvent le système, réalisant 5 configurations plus ou moins développées.

Tableau 1. Commandes de B1L sur l'interface V9.

**Binôme 1 - Lyon**

| Temps | N° Gén. | Action | Étages | Générations | Sélection | Coup coeur |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0:01:31 | | lance le calcul | 7 | 1 | | |
| 0:02:00 | 11 | fin du calcul | | | | |
| 0:06:20 | | cp de coeur | | | | O2 => O11 |
| 0:06:27 | 12 | lance le calcul | 7 | 1 | | |
| 0:07:02 | | fin du calcul | | | | |
| 0:09:52 | 13 | lance le calcul | 7 | 3 | | |
| 0:11:35 | | fin du calcul | | | | |
| 0:14:44 | | lance le calcul | 7 | 3 | | |
| 0:16:27 | 14 | fin du calcul | | | | |
| 0:17:54 | | initialise | | | | |
| 0:18:01 | 21 | lance le calcul | 4 | 3 | | |
| 0:18:27 | | fin du calcul | | | | |
| 0:25:50 | | lance le calcul | 4 | 10 | | |
| 0:30:15 | 22 | fin du calcul | | | | |
| 0:41:06 | | cp de coeur | | | | O7 => O11 |
| 0:41:27 | | lance le calcul | 4 | 10 | | |
| 0:45:40 | 23 | fin du calcul | | | | |
| 0:51:58 | | cp de coeur | | | | O5 => O13 |
| 0:52:05 | | lance le calcul | 4 | 10 | O13 | |
| 0:56:01 | | fin du calcul | | | | |
| 1:01:39 | | cp de coeur | | | | O9 => O15 |
| 1:04:11 | 24 | cp de coeur | | | | O3 => O17 |
| 1:05:48 | | sauvegarde | | | O3 | |
| 1:06:07 | | sauvegarde | | | O9 | |
| 1:09:39 | | sauvegarde | | | O11 | |
| 1:19:55 | | lance le calcul | 4 | 5 | O11, O15, O17 | |
| 1:21:43 | 25 | fin du calcul | | | | |
| 3:09:00 | | fin de séance | | | | |

Tableau 2. Commandes de B2L sur l'interface V9.

**Binôme 2 - Lyon**

| Temps | N° Gén. | Action | Étages | Générations | Sélection | Coup coeur |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0:00:43 | 11 | lance le calcul | 7 | 5 | | |
| 0:03:24 | | fin du calcul | | | | |
| 0:07:50 | | initialise | | | | |
| 0:07:59 | 21 | lance le calcul | 5 | 5 | | |
| 0:08:27 | | fin du calcul | | | | |
| 0:08:44 | 22 | lance le calcul | 5 | 5 | | |
| 0:11:07 | | fin du calcul | | | | |
| 0:20:15 | 23 | lance le calcul | 5 | 5 | O1, O5, O6 | |
| 0:22:39 | | fin du calcul | | | | |
| 0:27:19 | 24 | lance le calcul | 5 | 5 | O3, O9 | |
| 0:31:48 | | fin du calcul | | | | |
| 0:33:15 | | cp de coeur | | | | O6 => O14 |
| 0:38:35 | 25 | lance le calcul | 5 | 5 | O1, O3, O14 | |
| 0:40:41 | | fin du calcul | | | | |
| 0:44:32 | 26 | lance le calcul | 5 | 5 | O3, O14 | |
| 0:46:37 | | fin du calcul | | | | |
| 0:53:00 | | cp de coeur | | | | O4 => O16 |
| 0:53:11 | 27 | lance le calcul | 5 | 5 | | |
| 0:55:07 | | fin du calcul | | | | |
| 0:59:00 | | sauvegarde | | | O14, O16 | |
| 1:01:20 | | initialise | | | | |
| 1:01:33 | 31 | lance le calcul | 3 | 5 | | |
| 1:01:57 | | fin du calcul | | | | |
| 1:02:33 | | initialise | | | | |
| 1:02:35 | 41 | lance le calcul | 3 | 5 | | |
| 1:02:59 | | fin du calcul | | | | |
| 1:04:43 | 42 | lance le calcul | 3 | 5 | O4, O5 | |
| 1:06:32 | | fin du calcul | | | | |
| 1:08:10 | | initialise | | | | |
| 1:08:13 | 51 | lance le calcul | 4 | 5 | | |
| 1:08:40 | | fin du calcul | | | | |
| 1:11:29 | | cp de coeur | | | | O8 => O18 |
| 1:11:39 | 52 | lance le calcul | 4 | 5 | O8 | |
| 1:13:54 | | fin du calcul | | | | |
| 1:16:25 | | sauvegarde | | | O7 | |
| 1:18:02 | 53 | lance le calcul | 4 | 5 | | |
| 1:20:10 | | fin du calcul | | | | |
| 1:20:56 | | sauvegarde | | | O18 | |
| 2:03:43 | 54 | lance le calcul | 4 | 5 | | |
| 2:06:47 | | fin du calcul | | | | |
| 3:38:00 | | fin de séance | | | | |

Les coups de cœur sont assez distribués dans les deux cas, certains étant assez précoces, notamment pour B1L, mais disparaissant car ils ne sont pas sauvegardés lors de la réinitialisation du système.

## 3.2. DIFFICULTÉS LIÉES AUX INTERFACES

Les défauts ergonomiques majeurs de ces fenêtres ont été énoncés dans la présentation des interfaces.
– Référence des performances non explicite en V3D.
– Disparition du numéro de l'objet (individu) et de ces performances en V3DZ.

Ces défauts sont confirmés par les individus explicitement lors du debriefing (point 2.2), mais surtout par leurs actions en situation de conception. C'est ainsi que l'on observe que les utilisateurs ont, dans chacune des situations, dû faire une fois un retour en V9 depuis la vue V3D pour donner du sens aux couleurs des carrés de performance qui apparaissent dans cette dernière vue. Mais le défaut le plus manifeste est celui qui concerne la disparition des numéros et des indications de performance en V3RZ. Ainsi, on observe que les deux binômes (B1L et B2L) s'interrogent régulièrement sur l'objet qu'ils sont en train d'évaluer lorsqu'ils sont en V3DZ. L'opération, acquise en situation pour les deux binômes, consiste à dézoomer

soit pour lire le numéro, soit pour prendre connaissance des performances, puis, le plus souvent rezoomer pour reprendre le cours de l'observation en cours. On observe ces opérations de "dézoome" pour prendre de l'information :
– 9 fois pour B1L ;
– 18 fois pour B2L.

Une explication de cette différence entre B1L et B2L peut se trouver dans l'observation suivante. Les binômes B1L et B2L n'utilisent pas de la même façon les différentes vues (Figure 6 et Figure 7). Ainsi, B2L passe proportionnellement plus de temps en V3DZ, là où les informations sont manquantes que ne le fait B1L. De sorte que B1L a plus souvent sous les yeux les numéros des individus ainsi que les valeurs de performances. Pour obtenir ces informations, B2L est en revanche contraint de dézoomer pour les obtenir. Cette activité de "dézomme-rezomme" apparaît d'ailleurs dans le temps moyen, assez court (11 sec.), que B2L consacre à V3D, expliqué par le fait que le passage dans cette vue n'est très souvent que d'une à deux secondes, le temps de dézoomer pour prendre de l'information.

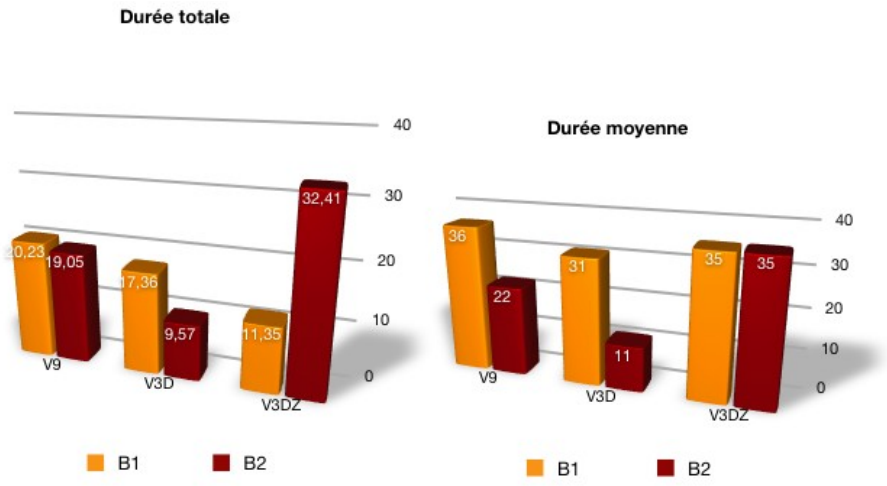



Figure 6. Temps total et moyen dans chacune des vues pour B1 et B2.

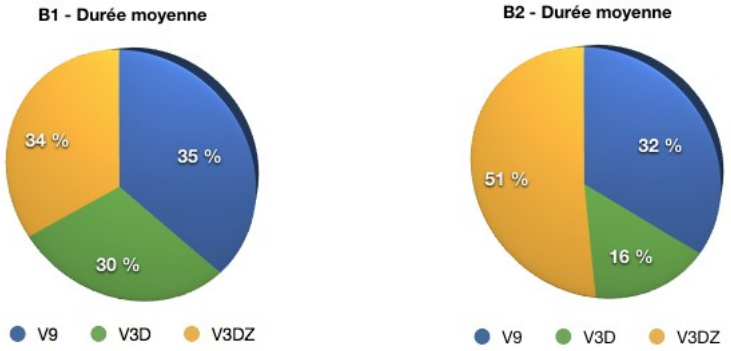



Figure 7. Proportion des temps dans chacune des vues pour B1L et B2L.

Pour caractériser ces difficultés, prenons comme exemple une séquence qui a lieu au sein de B2L (23, Tableau 2) durant une minute trente (0:24:50 à 0:26:00). EC2L et SK2L sont en train de visualiser un objet particulier, l'objet 3 (O3), dans la vue V3DZ, donc sans les indications de

numéro ni de performances de cet objet. Une évaluation positive est portée qui amène à la proposition de relancer un calcul sur la base de O3.

SK2L : c'est pas mal ça
EC2L : hum on peut relancer à partir de ça (retourne dans V9)
EC2L : on en relance 5 à partir de ça ? c'est laquelle ?
*(ECL2 ne relance pas l'objet 3 mais l'objet 5 car le pointeur est situé sur O5 et non sur O3 quand EC2L appuie sur la touche espace qui permet de basculer en vue V3D)*
*(Comme EcCoGen-L était en vue V3DZ lorsque EC2L a basculé en vue V9, la vue qui s'affiche est de nouveau en V3DZ, ne laissant pas apparaître le numéro de l'objet sélectionné)*
*(EC2L dézoome et fait apparaître le numéro de l'objet)*
EC2L : la 5
*(EC2L bascule de nouveau en vue V9)*
SK2L : c'était celle-là qu'on vient de regarder ?
EC2L : je crois oui
*(passe en V3D, zoome en V3DZ et explore O5)*
SK2L : non c'était pas ça
EC2L : non c'était pas ça
SK2L : non elle était bien plus haute
*(EC2L fait tourner les individus en V3DZ jusqu'à O9 dont le numéro n'est donc pas affiché)*
EC2L : c'est ça ?
SK2 : euh non
*(EC2L, toujours en V3DZ affiche O1)*
ECL2 : c'était celle-là ?
SK2 : attends voir
*(SK2 saisit la souris EcCoGen-L, explore O1, toujours en V3DZ donc toujours sans le numéro affiché, puis passe à O2 et O3)*
SK2 : c'est celle-là je crois
*(SK2 dézoome et affiche le numéro d'O3)*
SK2 : ouais 3
EC2L : hum
SL2L : ce qui est pas mal c'est ce bloc un peu plus haut
EC2L : ouais aussi ouais qui vient refermer

Au cours de cet extrait, il est manifeste que l'absence d'informations sur les numéros nuit à l'action des utilisateurs. Non seulement, cela les oblige à des actions régulières de dézomme pour identifier l'objet en cours, ce qui a été identifié par B1L et B2L lors du debriefing, mais en outre cela les oblige à mémoriser ces objets. Surtout cela peut engendrer des erreurs de sélection car ici, l'inattention d'EC2L, lorsqu'il repasse en V3DZ après s'être accordé avec SK2L que O3 était un objet intéressant sur lequel ils pouvaient fonder un nouveau calcul, aurait pu amener le binôme à travailler sur la base d'O5 au lieu d'O3. Il leur faut donc ensuite retrouver le bon objet, en mobilisant leur mémoire, pour reprendre le cours de l'action. Ce qui est fait environ une minute plus tard puisqu'ils sélectionnent O3 (ainsi que O9) pour lancer un nouveau calcul.
Ce qui est vrai pour l'absence d'indication du numéro des objets en V3DZ l'est aussi pour les performances et cela peut expliquer des stratégies différences en termes de formes et de

performances au sein de chacun des binômes. Nous poursuivons cette réflexion au point suivant.

## 3.3. FORMES ET PERFORMANCES

Dans cette partie, nous allons voir comment les binômes construisent des hiérarchies entre formes et performances ainsi que des relations entre ces deux dimensions.

### 3.3.1. PRIMAT DE LA FORME SUR LES PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES

De façon générale, B1L et B2L privilégient la forme aux valeurs de performances, sans toutefois sous-estimer ces dernières. Durant toute la première partie, plus directement créative, au cours de laquelle les binômes mobilisent EcCoGen-L, on observe respectivement les répartitions suivantes pour B1L et B2L (Tableau 3). Les interventions recensées concernent des expressions ou échanges qui sont soit orientés uniquement sur la forme des objets, soit uniquement sur la performance, soit sur un lien entre les deux, le sens se faisant toujours de la forme vers la performance (ex : SK1L observant un objet : « *ça peut être pas mal de faire une petite place là et regarde la performance* » ou cet échange entre EC2L et SK2L : « EC2L – *ce qui est pas mal sur celle-là (O4) c'est que là t'as une façade un peu lisse ;* SK2L – *fais voir en termes de performance du coup ce que ça donne* »).

Tableau 3. Répartition des préférences en termes de formes et de performances.

| Préférences exprimées dans le discours | B1L | B2L |
|---|---|---|
| Exclusivement orientées sur la forme des individus | 28 | 43 |
| Échanges sur la forme suivis d'échanges sur la performance | 8 | 8 |
| Exclusivement orientées sur la performance | 13 | 5 |

Ce qui ressort de ce premier regard, c'est que les binômes tendent à produire d'abord une recherche en terme de forme, y compris de façon assez subjective (j'aime / j'aime pas), puis qu'ils "vérifient", lorsque les formes observées leur semblent intéressantes qu'elles sont suffisamment performantes ou sont acceptables de ce point de vue. La performance serait alors un critère de décision permettant de conserver ou non la forme en question. La réalité est en fait plus complexe.
Si l'on prend le cas de B1L comme exemple, on note qu'il construit une relation entre forme et performance qui guide sa conception. Cette relation s'appuie sur :
– l'identification d'une contrainte forte liée au positionnement du supermarché en rez-de-chaussée ;
– l'identification de formes qui vont structurer leurs recherches, notamment l'existence d'un « trou » ;
– une compréhension d'un lien entre forme et performance ;
– une hiérarchisation des trois critères de performances que sont l'énergie, les ombres portées et la compacité ;

– une hiérarchisation entre les contraintes d'EcCoGen-L (ces trois critères de performances) et les contraintes données par le programme.
Nous analysons ces points en travaillant la construction des relations entre forme et performance.

### 3.3.2. RELATIONS ENTRE FORMES ET PERFORMANCES

L'analyse du processus de choix des formes qui seront exportées dans Sketchup pour développer la solution finalement présentée (processus qui dure une heure trente environ) fait ressortir quelques points clés.

***A. Identification d'une contrainte liée au programme***
La contrainte liée à l'emplacement du supermarché pose immédiatement un obstacle à la recherche de solutions qui est faite initialement avec 7 étages car, du fait de la superficie de l'ensemble du projet, trop peu d'éléments sont au sol et beaucoup d'autres « volent », c'est-à-dire sont isolés, en l'air. Cela est également vrai pour B2L qui rencontre le même obstacle. Il faut absolument trouver des solutions ayant suffisamment d'éléments au sol. Pour cela, il faut diminuer le nombre d'étages. Pour B1L comme pour B2L, le bon compromis sera de travailler avec 4 niveaux, ce qui laisse suffisamment d'éléments au sol tout en permettant de dégager des espaces de circulation et, en termes de créativité, de pouvoir observer des formes à traduire en termes d'architectures.
Nous avons donc là l'identification d'une contrainte forte qui apparaît dans la conception de B1L comme de B2L : placer le supermarché. C'est une contrainte liée au programme lui-même. Certes, elle n'est pas inventée par B1L, ni par B2L, mais, parmi toutes les informations figurant dans le programme, celle-ci devient, par le jeu de l'interaction au sein du binôme et par sa confrontation aux solutions générées par EcCoGen-L, un élément fortement structurant du programme. Cette contrainte est suffisamment forte pour B1L qu'une génération à sept niveaux, la troisième, est très peu étudiée (elle dure a peine trois minutes) sur ce motif (« les grandes masses sont en hauteur ») et aboutit sur le constat qu'il faut réduire le nombre d'étages qui sont ramenés à quatre.

***B. Lecture des individus et construction d'une "connaissance" liant forme et performance***
Les formes perçues sont importantes dans le travail de B1L. Dès que le niveau d'étages est ramené à quatre, EC1L et SK1L y perçoivent des formes architecturales. Ainsi, non seulement « c'est beaucoup mieux » avec quatre niveaux, mais en outre EC1L voit « un chemin sinueux » dans l'une des formes, ce que SK1L reprend en parlant de « vague ». Ce sont bien des formes architecturales, créatives, qui sont évoquées puisque les individus sont composés de blocs rectangulaires de tailles identiques. Cette perception de formes architecturales permet à B1L de construire une connaissance liant formes perçues et performances, notamment en termes d'ombres projetées. Si certaines formes sont performantes du point de vue des ombres projetées (nous le notons Po+ pour Performance des ombres positive), c'est parce que les blocs ont une certaine forme au sud. Ce même travail est réalisé au sein de B2L qui, lui aussi, identifie des formes dans les formes l'amenant à « *décomposer* » un individu de manière à « *lire ça comme un élément* » (SK2L).

Cette connaissance est d'ailleurs donnée par SK1L lors du debriefing collectif. Qu'elle soit vraie ou fausse n'est pas la question. Le fait est qu'elle est stabilisée au sein du binôme, mobilisée à trois reprises et qu'elle agit comme un élément soutenant le processus créatif.
Ailleurs, ce sont des « percées », des « trous » qui sont identifiés et qui deviennent des éléments recherchés dans les générations suivantes. Pris ensemble, ces deux éléments morphologiques, la vague et le trou, contribuent à construire deux choses.
– *Un principe selon lequel certaines parties des individus sont particulièrement performantes* sur certains critères. C'est le cas de la vague qui est performante pour les ombres portées. Cela est aussi repris par SK1L lors du debriefing. A plusieurs reprises, il souligne qu'il souhaiterait avoir une information plus particulière sur des éléments d'un individu afin de savoir ce qui en explique la performance globale.
– *Une hiérarchie des critères de performance*. En effet la vague est associée à une bonne performance du point de vue des ombres (Po+) tandis que, sur un autre objet, le trou est associé à une compacité moindre (Pc–). Or l'un et l'autre objet sont désirables pour B1. Nous développons cela dans un troisième point.

### *C. Hiérarchie des critères de performance*

Très rapidement (6ème minute), SK1L établit une hiérarchie dans les critères de performances proposés : « *le plus important c'est energy et shadow casting* » et « *compacity c'est le dernier* ». Mais cette affirmation n'est pas étayée, simplement validée par un « oui » de EC1L. Par la suite, cette hiérarchie réapparaît et est construite de façon plus argumentée.
Nous l'avons vu au point précédent, le fait de privilégier deux formes dont l'une est performante sur un critère hiérarchiquement supérieur pour B1L (Po) alors que l'autre ne l'est pas sur le critère hiérarchiquement inférieur (Pc) valide cette hiérarchie ou, du moins, ne la met pas en cause. Le trou n'est certes pas bon du point de vue de la compacité, mais comme ce critère est moins important, il ne peut, à lui seul, invalider le trou comme forme désirable pour B1L.
Cette hiérarchie est confortée plus loin, lors de l'examen de la quatrième génération de la série sur quatre niveaux (56ème minute), mais argumentée cette fois. La compacité n'est pas importante (SK1L : « *en fait la compacité on s'en fout* ») parce que le programme commande de développer des bureaux qui soient attractifs, avec des terrasses. Autrement dit, la compacité n'est pas très compatible avec une certaine recherche esthétique, voire elle va à l'encontre d'une certaine créativité. Nous avons deux nouvelles connaissances construites ou validées ici.
– *Les critères de performances peuvent être hiérarchisés*, la compacité étant non seulement le critère le moins important
– *Certaines fonctions indiquées dans le programme peuvent être supérieures en termes de contraintes aux critères de performance énergétique* (dans cet exemple la compacité), alors même que le travail conduit est axé sur ces aspects énergétiques.

### *D. EcCoGen-L comme ressource et non comme programme*

Sur la base de ces observations concernant la hiérarchie des critères de performance et leurs liens éventuels de subordination à des aspects esthétiques, créatifs, définis dans le programme

de travail, nous faisons une hypothèse expliquant pourquoi les deux groupes se sont fixés sur quatre niveaux (*cf.* Tableau 1 et Tableau 2).
Dans le cas de B1L, le choix de 4 niveaux (0:18:01) suit immédiatement la série de quatre générations sur 7 niveaux. Nous avons vu qu'il était insatisfaisant alors que 4 niveaux est immédiatement reconnus comme un choix meilleur. Dans le cas de B2L, la situation est différente. Après avoir lancé un calcul sur 7 niveaux également (une seule génération), B2L passe sur cinq niveaux sur un assez long temps de conception (0:07:59 à 1:01:11) durant lequel il va extraire des individus pour les travailler dans Sketchup, puis passe à 3 niveaux parce que, malgré tout, à 5 niveaux « *ça vole quand même beaucoup* » (1:01:11 à 1:08:03). Mais à trois niveaux, les individus sont « *trop plats* », ce qui amène B2L à travailler sur 4 niveaux pour la fin de son exploitation d'EcCoGen-L dans la partie créative. Avec cette sentence de SK2L : « *je trouve que les solutions sur quatre sont mieux que:* » (1:20:56).
L'hypothèse que nous faisons est donc que les générations à quatre niveaux sont celles qui permettent à B1L comme à B2L de travailler en créativité de façon satisfaisante. Elles sont un bon compromis entre une contrainte impérative (le supermarché est au rez-de-chaussée, ce qui impose une certaine superficie au sol) et des volumes suffisamment dispersés en élévation pour pouvoir lire des formes : une « vague », un « chemin sinueux », un « fil qui tourne ». Formes qui ne sont pas celles explicites fournies par EcCoGen-L, mais que les utilisateurs peuvent lire, interpréter, faisant par là œuvre de création. Ce niveau d'élévation est donc celui qui relie les contraintes programmatiques, celles des performances énergétiques, mais aussi, et peut-être surtout, le besoin créatif des élèves architectes.

### 3.3.3. CONSTRUCTION D'UN MODÈLE MORPHOLOGIQUE PERFORMANT

Si l'on poursuit l'exemple de B1L, on comprend comment le binôme construit un modèle d'objet, alliant forme et performances. Durant la phase 22 (Tableau 1), une opposition surgit entre EC1L et SK1L.

0:32:23
*(EC1L explore O4 en VP3D)*
EC1L : ce qui m'embête tu vois c'est que c'est compact au centre
SK1L : de toute façon on a pas besoin de respecter ce coin parce que si ça c'est déjà performant ici ça va être performant donc le trou ici on peut le mettre ici
EC1L : oui mais après tune peux plus t'appuyer sur le logiciel en disant que c'est une solution performante si tu le modifies
SK1L : forcément on va modifier
EC1L : oui forcément
*(EC1L affiche O3 en V3D)*
SK1L : et ça c'est pas mal

Dans ce court extrait, les deux positions par rapport à la fonction d'EcCoGen-L dans le processus créatif sont affirmées.
– Selon EC1L, EcCoGen-L doit assurer la validité des solutions en termes de performances. Déformer l'objet fournit par EcCoGen-L empêche d'en conserver les propriétés énergétiques.

– Selon SK1L, EcCoGen-L fournit des indices sur la performance énergétique des solutions, indices qu'il faut identifier afin de les extraire pour construire une solution satisfaisante. Il convient donc de s'affranchir d'EcCoGen-L.

Autrement dit, ce sont deux conceptions qui s'opposent. Selon EC1L, EcCoGen-L est un programme à suivre pour la conception d'une solution. Selon SK1L, EcCoGen-L est une ressource pour le développement de la solution. Ces deux positions sont en confrontation et c'est SK1L qui l'emporte grâce au raisonnement syllogistique suivant.

– *Si EcCoGen-L est un programme, alors il ne faut pas modifier l'objet sélectionné*
– *Or l'objet sélectionné sera nécessairement modifié*
– *Donc EcCoGen-L n'est pas un programme*

La position d'EC1L, EcCoGen-L est un programme, n'est donc pas valide, ce qu'EC1L accepte. Des deux propositions ne reste donc que celle de SK1L qui, en conséquence, devient valide jusqu'à ce que, éventuellement, mais ce ne sera pas le cas, une autre proposition soit discutée : EcCoGen-L est une ressource. Et si EcCoGen-L est une ressource, alors il convient d'identifier les éléments-ressources.
Dans les minutes qui suivent, toujours dans la phase 22, B1L élabore un modèle qui lui permet de structurer sa recherche formelle puis, plus tard, de développer sa solution. EC1L explore l'objet O7 (Figure 8. Objet O7 évalué par EC1L.Figure 8) en vue V3DZ, objet qu'elle évalue ainsi (0:37:48) :

EC1L : celui-là il est pas mal mais t'as pas assez de trucs au sol

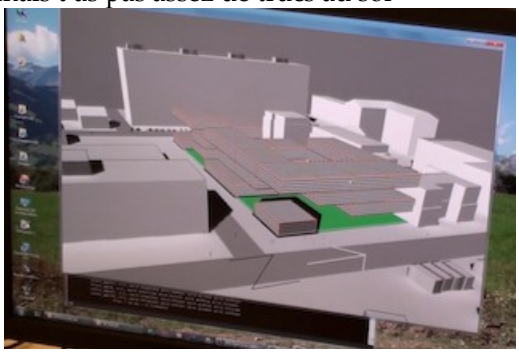


Figure 8. Objet O7 évalué par EC1L.

La contrainte fondamentale d'empreinte au sol n'est donc pas satisfaite. Cependant EC1l poursuit en interprétant cette forme au moyen d'un dessin (D4, Figure 9).

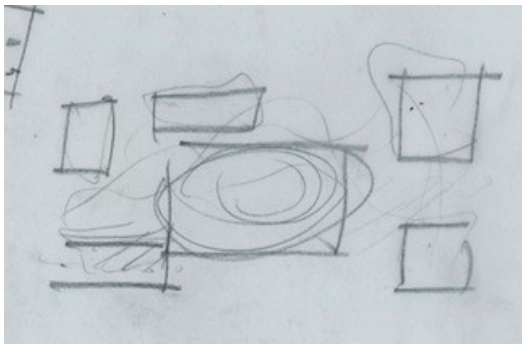


Figure 9. Extrait du calque D4.

0:37:51
EC1L : à la limite si tes commerces ils sont éclatés que t'aies par exemple un truc central au milieu de ta parcelle
*(EC1L dessine sur D4)*
EC1L : donc du coup ça te fait toute une promenade couverte entre les magasins ça peut être pas mal ça mais du coup il faut trouver un:
SK1L : et ici la coupe ça peut être ça (...) avec la terrasse privée
EC1L : pour les bureaux oui
SK1L : ah c'est cool
EC1L : ça peut être vraiment cool ouais
SK1L : du coup c'était quel objet qui t'a inspiré ?
EC1L : c'est ça, c'est le 7
SK1L : alors garde-le
EC1L : mais euh il est pas optimum quoi il est pas: c'est plus ou moins l'idée quoi
SK1L : et il y a l'autre truc qui est avec une morphologie similaire avec la même performance
EC1L : ah parce que la 7 du coup la performance
*(EC1L dézoome en V3D)*
SK1L : c'est pas terrible
EC1L : c'est pas super
SK1L : c'est quoi le vert déjà ?
EC1L : euh énergie, faut que je sorte de là
*(EC1 repasse en vue V9)*
EC1L : si c'est l'énergie
SK1L : en fait c'est ça que si on fait le trou ici *(dessine sur D4)* c'est le sud et si on fait le trou si on fait la façade sur ce côté on gagne le soleil toujours si on fait la coupe comme ça c'est bon pour l'énergie si on fait la coupe comme ça c'est bon pour les ombres
EC1L : hum
SK1L : du coup si on fait ça c'est bon pour l'énergie et bon pour les ombres
EC1L : ouais
SK1L : du coup on cherche la solution à peu près
EC1L : ouais, du coup c'est le 7 que j'avais vu peut-être le 9
(....)
SK1L : on le garde le 7 et on essaie de lancer encore deux fois
*(EC1 déplace O7 en coup de cœur O11 et lance le calcul)*

On sait que B1L privilégie une forme avec un trou, pour faire un atrium. Cette forme privilégiée est ici validée et, donc renforcée. L'objet O7 pourrait satisfaire cette recherche

(O7F+), mais il n'est pas performant sur la contrainte principale (O7C–), l'empreinte au sol. L'obstacle a soulevé est de conserver la forme tout en la rendant compatible avec la contrainte au sol. C'est ce que fait EC1L, qui conçoit sur papier une solution qui permet de conserver O7F+ et de le rendre O7C+ : *diviser l'empreinte au sol*. Un caractère non discuté de la contrainte saute : il n'est pas nécessaire que la parcelle correspondant au supermarché soit d'un seul tenant.
L'objet O7 est maintenant caractérisé de la façon suivante : O7F+C+. Et c'est précisément grâce à l'aspect F+ qu'il est possible de développer C+. En effet, si l'empreinte au sol est faible, c'est qu'elle permet de développer des services en hauteur. C'est le sens des interventions de SK1L qui évoque les bureaux et les terrasses sur les niveaux supérieurs. Or ce développement fait justement partie du programme de travail. L'objet 7 est donc, à la suite de cet échange, réellement O7F+C+, ce que manifeste SK1L : « *ah c'est cool* », confirmé par EC1L.
La forme étant satisfaisante, il faut, comme nous l'avons identifié plus haut, vérifier la performance. D'autant plus que O7 est en vue V3DZ, donc que ses performances ne sont pas visibles à l'écran. Le dézoome de EC1L indique des performances qui apparaissent faibles au binôme. L'objet O7 est F+C+, mais P–. Plus exactement, comme le montre la Figure 12. Interface EcCoGen-N.Figure 10, il est plutôt bon sur le critère d'énergie (9, en vert), mais plus faible sur la compacité (4, en rouge) et sur les ombres portées (5, en bleu). L'objet O7 est donc, du point de vue des performances, Pc–Pe+Po–.

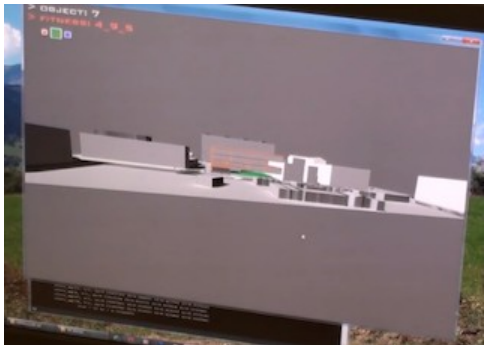


Figure 10. Objet 7 en vue V3D.

Là encore l'obstacle va être levé et O7 sera validé comme objet modèle. C'est cette fois SK1L qui lève l'obstacle en déplaçant le trou. En faisant cela, il recourt à sa définition d'EcCoGen-L comme ressource puisqu'il utilise les propriétés d'un élément de la forme pour jouer avec, le déplacer, et continuer de bénéficier de ses performances dans un objet proche de l'original, mais transformé. Puisque la compacité n'est pas un critère important, nous l'avons vu plus haut, en tout cas qu'il est moins important que les deux autres critères d'énergie et de performances et moins important que les contraintes esthétiques, alors il s'agit de trouver une forme qui soit Pe+Po+. C'est ce que fait SK1L en jouant sur le positionnement du trou et sur l'orientation des façades qui peuvent être soit Pe+, soit Po+, soit Pe+Po+ grâce au positionnement du trou est peut allier les deux qualités (Figure 11).

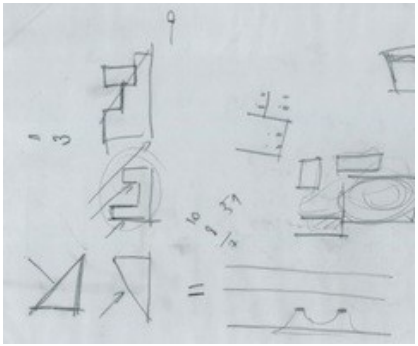


Figure 11. Positionnement du trou, captation du soleil et projection des ombres (extrait de D4).

Grâce à l'action conjuguée de EC1L et de SK1L, l'objet O7, dont la forme séduisait B1L de prime abord, peut devenir un modèle pour les objets à venir par le fait que sa configuration initiale C– a été transformée en C+ et par le fait que ses propriétés Pe+Po– ont pu évoluer en Pe+Po+ par le déplacement d'un élément de cette forme, le trou, déplacement rendu possible par la validation du fait qu'EcCoGen-L n'est pas un programme mais une ressource.
Dans les secondes qui suivent cette interaction, O7 est déplacé en coup de cœur et sélectionné comme favori pour un nouveau calcul.

## 3.4. BILAN

Le bilan de l'observation d'EcCoGen-L est le suivant.
– Des améliorations ergonomiques sont à mener à la fois pour éviter une charge cognitive inutile et pour préserver les utilisateurs d'erreurs potentielles dans la perception / sélection d'individus.
– EcCoGen-L, même s'il est axé sur la performance d'individus (objets), peut soutenir la créativité en laissant les utilisateurs travailler sur des formes.
– EcCoGen-L est un outil intéressant pour la créativité dès lors que les utilisateurs conservent la liberté de hiérarchiser les informations (les critères notamment). En revanche, il pèse sur la créativité par l'impossibilité qu'il y a de fixer des points. La place du supermarché aura gêné autant B1L que B2L dans leur démarche créative, les incitant à trouver des solutions pour tenter de "forcer" EcCoGen-L à fixer un espace au sol.
Toutefois, la plasticité du logiciel, dès lors qu'il est considéré comme une ressource par les utilisateurs, se révèle avantageuse car il laisse les utilisateurs percevoir des formes dans un empilement de blocs. Il est particulièrement intéressant de constater que les sujets ont évoqué des formes courbes (vague, chemin sinueux, fil qui tourne...) dans une forme composée de blocs rectangulaires. Comme s'ils récupéraient, de cette façon, leur fonction d'architecte créateur, capables de distinguer des formes complexes dans un environnement simplifié.

# 4. ECCOGEN-N DANS LE PROCESSUS CRÉATIF

La partie consacrée à EcCoGen-N sera plus courte que celle consacrée à EcCoGen-L du fait de la mobilisation très différente de cet environnement dans le processus créatif des sujets.

## 4.1. L'INTERFACE ECCOGEN-N ET SON UTLISATION

### 4.1.1. ÉLÉMENTS D'INTERFACE D'ECCOGEN-N

L'interface d'EcCoGen-N (Figure 12) a des similarités avec celle d'EcCoGen-L. Les neuf meilleurs individus y sont présentés, avec leurs caractéristiques en termes de performances énergétiques. Mais, à la différence d'EcCoGen-L, cette interface ne permet pas de configurer des paramètres tels que le nombre d'étages. Le nombre de pas calculés n'est pas non plus présent car le mode de calcul n'est pas le même entre les deux dispositifs. Cette interface est donc uniquement informative. Elle ne permet pas non plus de zoomer sur des individus ni de les voir dans leur environnement comme c'est le cas avec EcCoGen-L en vue V3D ou V3DZ. La seule opération possible sur cette interface est de faire pivoter chacune des vues indépendamment les unes des autres afin de les voir sous différentes faces.

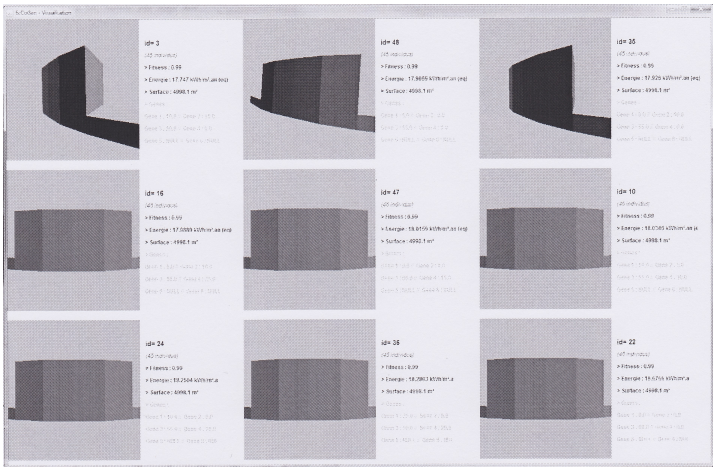


Figure 12. Interface EcCoGen-N.

EcCoGen-N est relié à deux autres environnements, Rhino et Grasshopper (Figure 13), qui nécessitent une maîtrise certaine pour pouvoir les manipuler (voir ce qu'en disent B1N et B2N lors du debriefing).

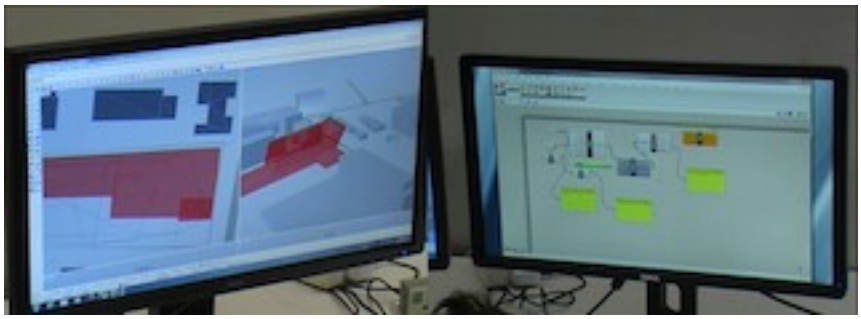


Figure 13. Environnement Rhino à gauche et Grasshopper à droite.

### 4.1.2. DIFFICULTÉS LIÉES AUX OUTILS

Les problèmes d'interface relevés dans EcCoGen-N sont les suivants.

– *Les ombres portées de l'environnement sur les individus et des individus sur l'environnement n'apparaissent pas*, ce qui gène les utilisateurs car ils sont obligés d'imaginer, dans les situations observées, les répercussions que le bâtiment qu'ils créent auront sur les constructions voisines. Avec toute la marge d'incertitude qui va avec.

– *Les résultats EcCoGen-N ne sont pas continus, de sorte que les utilisateurs doivent régulièrement rafraîchir l'écran pour que de nouveaux individus avec de nouvelles valeurs apparaissent*. Cela n'est pas une erreur ergonomique, bien au contraire, car sinon les utilisateurs feraient face à une interface en perpétuel changement du fait du calcul en cours. Il est donc nécessaire qu'ils soient confrontés à une vue stable et qu'ils décident eux-mêmes de la faire évoluer pour prendre en compte les résultats des calculs en cours, mais cela pose deux sortes de problèmes.
D'une part, le bouton de rafraîchissement n'est pas sur l'interface elle-même, mais dans une boîte de dialogue flottante qu'il faut afficher à l'écran. Cela n'incite pas au rafraichissement.
D'autre part, les utilisateurs ne disposent pas d'espace pour mémoriser ou placer des individus qu'ils souhaitent conserver. Dans les deux cas observés, ils ont été contraints de noter ces objets ainsi que leurs performances sur une feuille pour non seulement en conserver la trace, mais aussi la forme. Le dessin D4 du B2N en est une parfaite illustration (Figure 14).
Ajoutons que B1N a été confronté à un problème d'affichage des résultats sur EcCoGen-N durant plusieurs minutes (seuls deux à trois individus étaient affichés au lieu des neuf) pour la seule raison, découverte par hasard, que la fenêtre n'était pas suffisamment agrandie à l'écran. Durant ces longues minutes, RH2N a rafraîchi l'écran à de nombreuses reprises ou a tenté de voir si Grasshopper était correctement connecté.

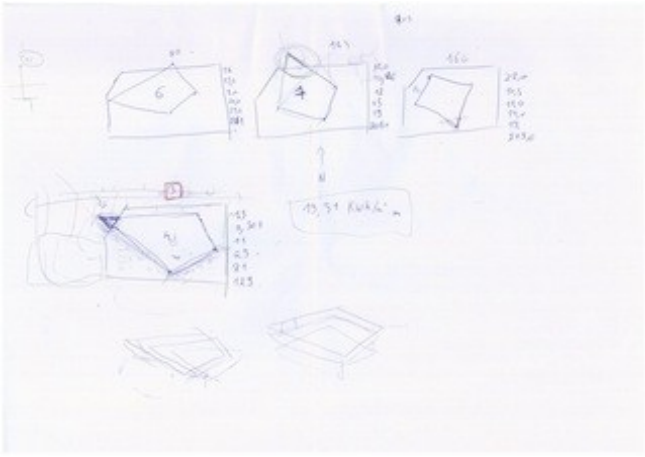


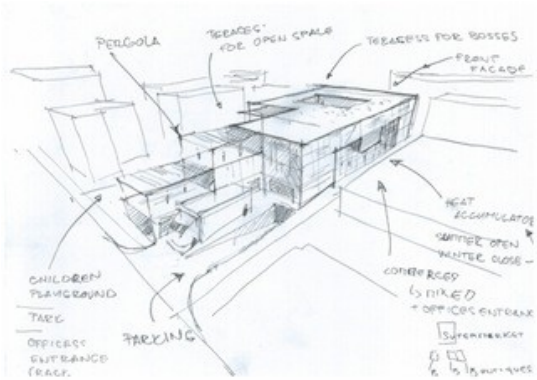
Figure 14. Conservation de 4 objets EcCoGen-N (Dessin D4).

– *La vue des résultats dans EcCoGen-N est insatisfaisante selon B1N et B2N car elle ne permet pas de voir l'individu (objet) dans son environnement*. Pour cela, il faut sélectionner l'individu dans Rhino. Cette procédure n'est pas satisfaisante pour comparer rapidement des individus entre eux ou pour, plus simplement, les évaluer directement dans EcCoGen-N. Cet obstacle nous informe sur le fait quelles utilisateurs ne souhaitent pas seulement disposer d'informations sur la forme intrinsèque d'un individu isolé (sur leurs masses) ou sur ses performances énergétiques, contrairement à ce que laissent entendre les choix d'interface, mais qu'ils ont besoin de construire une compréhension sur les relations entre l'individu et son environnement. Cela rejoint les préoccupations analysées pour EcCoGen-L entre un outil considéré comme un programme ou comme une ressource.
– Enfin, *les binômes ont eu des difficultés d'affichage de résultats dans EcCoGen-N* parce que Grasshopper était mal connecté. Si l'on se reporte à la Figure 2, on observe quelques allers-retours entre Grasshopper et EcCoGen-N, avec une relance de calculs, durant près de quinze minutes entre 2h05 environ et 2h20 environ. Cela correspond au fait que *« les sliders n'était pas branchés »* (RH2N), ce que EC2N ponctue d'une exclamation *« ah les gogols ! »*. Or aucun retour d'information ne permet de savoir que les gênes ne sont pas branchés et, donc, qu'EcCoGen-N ne peut pas calculer de nouvelles générations.

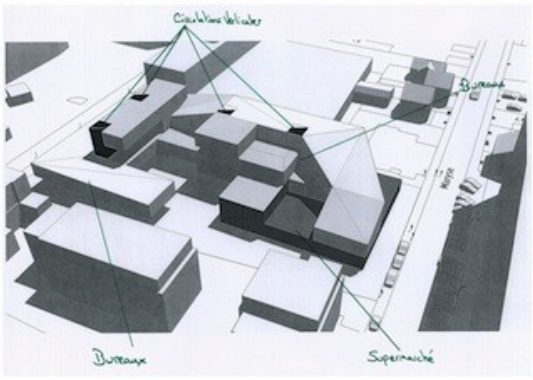
Ces points mériteraient d'être revus et améliorés dans une évolution d'EcCoGen-N afin d'en faciliter l'utilisation.

## 4.2. LE PROCESSUS CRÉATIF

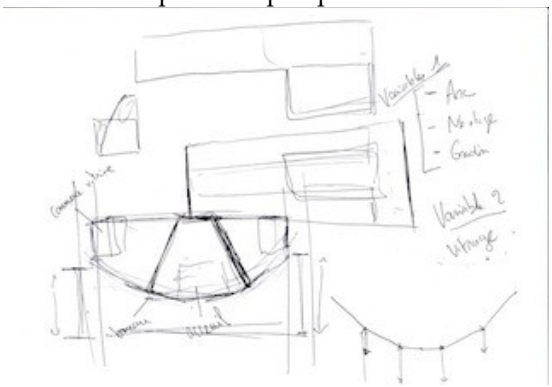
Si l'on compare les productions de binômes ayant travaillé avec EcCoGen-L et celles de ceux qui ont travaillé avec EcCoGen-N, on note des différences assez importantes. Voici des exemples caractéristiques de la production finale de chacun des binômes (Figure 15).



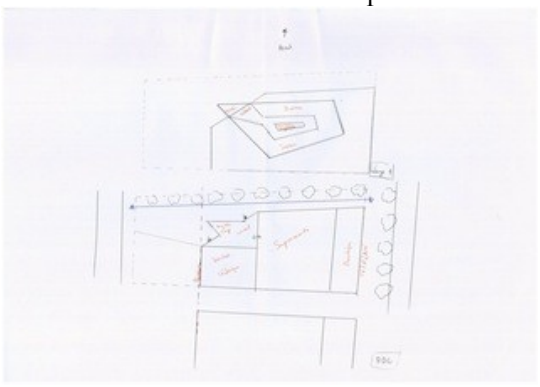

B1L – Esquisse en perspective annotée




B2L – Document Sketchup annoté



B1N – Esquisse en vue de dessus



B2N – Deux vues de dessus

Figure 15. Quatre objets exprimant les propositions finales des binômes.

### 4.2.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'ECCOGEN-N ACTUALISÉ PAR LES SUJETS

Les propositions EcCoGen-L semblent plus développées, plus abouties tant du point de la forme que de celui des fonctionnalités. Cela ne signifie pourtant pas qu'EcCoGen-N serait moins performant qu'EcCoGen-L, mais que les deux outils diffèrent dans leur conception et, donc, dans leur apport au processus créatif.

La contrainte qui a posé le plus de problème aux binômes confrontés à EcCoGen-L, c'est-à-dire la nécessité de placer une grande masse, celle du supermarché, au rez-de-chaussée est très vite évacuée avec EcCoGen-N. Dès les premières minutes B1N et B2N placent ce supermarché dans l'environnement avec l'outil Rhino. L'emplacement de cette masse étant défini, ils n'y reviendront quasiment plus et l'utilisation de Grasshopper puis d'EcCoGen-N aura pour fonction de travailler d'autres aspects : une façade courbe pour B1N, une tour pour B2N.

*Le principe de fonctionnement d'EcCoGen-L*, tel qu'il est mis en œuvre par les sujets, consiste à concevoir des types de formes dans EcCoGen-L, que les utilisateurs cherchent à faire évoluer en fonction de contraintes et de critères qu'ils définissent en cours d'action. Par la suite, ils abandonnent EcCoGen-L pour faire évoluer ces formes dans un autre environnement, par exemple Sketchup, mais ce pourrait être aussi Rhino.

*Le principe de fonctionnement d'EcCoGen-N*, tel qu'il est lui aussi mis en œuvre par les sujets, consiste à définir une forme au préalable puis à faire tourner EcCoGen-N pour faire vivre cette forme. Cela a donné lieu à deux stratégies différentes pour B1N et B2N.

### 4.2.2. DEUX STRATÉGIES MISES EN PLACE

Ce principe de fonctionnement d'EcCoGen-N donne lieu a deux stratégies distinctes mises en place respectivement par B1N et B2N. Puisque EcCoGen-N est plutôt orienté sur l'approfondissement de projets dont les bases sont déjà posées, alors il permet soit de proposer des solutions créatives pour les éléments non définis, soit d'accompagner le développement de ces formes déjà pensées.

***A. Cas de B1N***

Très rapidement (0:03:30), B1N opte pour une forme de bâtiment qui sera soit en T soit en L. Au gré des discussions et des dessins une forme en C est évoqué sur la barre du L ou du T, que l'on retrouve dans la proposition finale (Figure 15). C'est ainsi qu'après 11 minutes, B1N s'accord sur le fait qu'ils ont *« la forme générale »* de leur bâtiment. Reste à développer les bureaux et en moins de 15 minutes le profil général de la forme est arrêté, qui allie toutefois entre le C et le T. Sur la Figure 2 on voit que le travail d'esquisse s'arrête à ce moment et qu'une phase de travail sur l'ensemble Rhino-Grasshopper débute qui mobilise le binôme pendant 25 minutes environ. Une nouvelle phase prend place au cours de laquelle on observe des allers et retours entre ces deux environnements et une activité d'esquisse ( d'avoir travaillé en binôme, ce qu'ils expliquent par la nécessité de faire du consensus. Mais ce qu'ils réalisent dans les sessions de travail est autre chose. Dans l'exemple du point 3.3.3, nous avons montré l'entrelacement de la dynamique cognitive et créatrice. Cet exemple n'est pas le seul et l'on observe à de nombreuses reprises ce jeu interactionnel au cours duquel l'activité créatrice et les levées d'obstacles se nourrissent d'une négociation fine et médiée par les objets (événements à l'écran ou dessins).Figure 16 qui montre la forme en T créée sur Rhino).

Figure 16. Discussion sur la forme du bâtiment (0:57:37).

Au cours de l'échange qui a lieu autour de la Figure 16, EC2N reprend l'idée du C pour transformer la forme en T actuelle et faire en sorte que la partie longue soit plus acceptable parce que, esthétiquement parlant, ce n'est pas satisfaisant. B2N est d'accord sur cet aspect. Comme c'était le cas avec EcCoGen-L, la forme étant discutée, la performance est évoquée, ici sous forme d'une hypothèse à vérifier avec EcCoGen-N selon laquelle la courbure du C améliorera peut-être la prise du soleil.

0:57:37

EC2N : et au dessus donc là *(dessinant)* t'aurais une espèce de supermarché en forme de croissant et peut-être ici droit et au-dessus les bureaux qui viennent comme ça
(geste de RH2N plutôt en accord)
EC2N : et là on se prend pas trop la tête mais si il faut y mettre des gradins on peut y mettre des gradins parce que là c'est trop:
RH2N : non ça va pas
EC2N : et puis on verra en plus c'est comme je te disais hier on verra si la courbe du soleil ça améliore les choses
RH2N : oui je suis okay là-dessus

Quelques minutes plus tard (1:07), une très longue séquence de paramétrage de Grasshopper est lancée pour dessiner cet arc. Elle dure plus d'une demi-heure parce qu'au sein de B1N, seul RH1N maîtrise ce logiciel, mais ne le maîtrise que partiellement.

Nous avons ici l'illustration de la stratégie de B1N qui a consisté à définir une forme au préalable et à recourir à EcCoGen-N pour répondre à une question posée sur les caractéristiques énergétiques de l'arc qu'ils ont imaginé ou sur l'utilité des gradins. EC2N l'a rappelé lors du debriefing : *« nous l'outil a beaucoup moins décidé de le forme »*. L'influence d'EcCoGen-N est alors relative à la fermeté des choix de conception réalisés.
– L'arc correspond à un choix ferme, argumenté, négocié, validé. B1N va chercher dans EcCoGen-N une solution optimale pour cet arc par rapport à l'état de leur projet.
– Les gradins sont une éventualité pour B1N. Ce que montre EcCoGen, c'est qu'ils ne sont pas performants dans l'état actuel du projet. Ils sont alors abandonnés.

***B. Cas de B2N***

La stratégie de B2N est différente. Tout comme leurs collègues, EC2N et RH2N définissent assez vite le rez-de-chaussée, là où se trouve le supermarché. Mais la phase de dialogue entre l'ensemble Rhino-Grasshopper et une activité d'esquisse est plus longue que pour B1N. Ce qu'ils font, c'est fixer des points qui vont structurer la forme, mais sans la contraindre (on est loin de l'équivalent de l'arc). On perçoit cette forme à la Perspectives de développementFigure 17 dans la partie de droite de l'écran Rhino.

Figure 17. Structuration de la forme au sein de B2N (1:19:48).

C'est cette forme fondée sur quatre points qui est soumise au calcul d'EcCoGen-N et qui va confronter B2N à divers choix qui apparaissent à la Figure 14. Une différence fondamentale réside dans ces deux états des étages surplombant le rez-de chaussée.
– *Anticipée par B2N et saisie dans Rhino-Grasshopper*, cette forme est prise dans l'espace vertical défini pour le rez-de-chaussée.
– Calculée par EcCoGen-N, en prenant donc en compte des critères énergétiques, cette forme déborde de cet espace, créant une pointe en surplomb du rez-de-chaussée.

Cette pointe est immédiatement identifiée et mobilisée par B2N comme étant un élément déterminant de l'originalité de leur projet. Pour autant B2N conserve la sensation d'avoir maîtrisé le processus créatif : « *il a à peu près respecté la commande* » (RH2N, 1:35:05) et plus loin, toujours RH2N, celui qui maîtrise Grasshopper au sein de B2N : « *finalement notre modèle il a bien marché* » (1:57:20).

Cela illustre la deuxième stratégie, celle qui consiste à fixer quelques éléments puis à recourir à EcCoGen-N pour proposer des formes, qui plus est des formes performantes d'un point de vue énergétique.

### 4.3. BILAN

Nous l'avons dit, EcCoGen-N est plus complexe, moins intuitif qu'EcCoGen-L dans sa mise en œuvre. Son appropriation par les utilisateurs est plus ardue et explique que, dans un même temps et pour un même projet, le niveau de définition des projets est moindre. B1N et B2N à qui nous avons présenté les résultats obtenus à Lyon en ont d'ailleurs convenus. En fin de séance avec B2N, quelques blagues ont été échangées sur le niveau du dessin présentant la solution. Cependant la pertinence d'EcCoGen-N est attestée dans un processus créatif pour au moins trois raisons.
– EcCoGen-N soutient des stratégies différentes d'utilisateurs. Dans un projet s'étalant sur une durée plus importante, ces deux stratégies peuvent être mises en place en fonction des objectifs poursuivis sur le moment. C'est là un résultat important.
– EcCoGen-N permet de stabiliser des points, qu'il s'agisse de définir une surface telle que le supermarché dans le projet observé ou qu'il s'agisse de contrainte des points autour desquels une forme pourra être générée. C'est un autre résultat important qui n'est pas résolu dans EcCoGen-L et pose problème aux utilisateurs de cet environnement.
– EcCoGen-N apparaît moins créatif qu'EcCoGen-L qui, justement parce qu'il part de zéro, peut générer des individus dans lesquelles les utilisateurs vont lire des formes plus ou moins complexes. Cependant, EcCoGen-N soutient ce processus créatif en assurant les utilisateurs de la pertinence de la forme créée (*cf.* les propos de B2N lors du debriefing).

## 5. PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT

A l'origine de ce projet, une question se posait à laquelle nous (l'ensemble des partenaires) souhaitions pouvoir répondre. Comment construire un outil qui fasse la part belle à l'aléatoire inhérent aux processus évolutionnaires et propose des solutions écologiquement efficaces et

qui ne contraignent pas le processus créatif des élèves architectes ? Nous souhaitions que l'outil soutienne cette activité créative mais n'impose pas de solution. Les sujets de ces expériences contribuent à donner une réponse à cette question, de plusieurs manières.

– *Ils nous disent le contrôle qu'ils souhaitent conserver dans le processus créatif*. Cela s'observe à la fois dans leurs propos lors du debriefing et dans leurs activités en situation. Lorsque B2L est confronté à un objet préféré, mis en coup de cœur, et qu'il découvre que les performances des objets coup de cœur n'évoluent pas et ne sont pas comparables aux performances des objets de la génération en cours, alors immédiatement, il identifie un objet de forme proche dans la génération courante qui va "remplacer" l'ancien objet. C'est aussi toute l'activité de B1L et B2L qui consiste à sélectionner des objets pour influencer autant qu'ils le peuvent les générations suivantes. Ce besoin de contrôle est aussi exprimé dans la différence entre EcCoGen-N et EcCoGen-L. Dès lors que les sujets sont confrontés à un outil de type EcCoGen-N, ils en "profitent" pour définir strictement des formes, pour contraindre points et restreignent l'utilisation de l'outil à une fonction "d'ingénieur" proposant des objets écologiquement performants.

– *Les sujets nous disent aussi que le processus créatif est un processus plastique*, qui s'adapte aux outils proposés. Nous n'avions initialement pas prévu de tester deux environnements différents, mais un seul. Cette contrainte, issue de l'histoire du projet, a permis non pas de comparer, mais d'observer deux situations de conception architecturale ayant un même objectif servi par deux outils dont les principes ne concordent pas tout à fait. Il en ressort une observation certainement plus riche (même si plus lourde) car elle montre exactement le poids de l'outil dans le processus créatif et les moyens mis en œuvre par les sujets pour s'adapter, c'est-à-dire déformer l'outil pour l'intégrer dans leurs propres pratiques. Ce point, crucial en psychologie ergonomique demanderait à être développé plus avant. Le matériel constitué lors de ces deux sessions de travail devrait pouvoir le permettre.

– *Les sujets confirment enfin le poids du collectif et de la manipulation d'objets dans la créativité*. Certes, ils disent lors des debriefings qu'il leur semble que leur créativité personnelle est quelque peu bridée par le fait d'avoir travaillé en binôme, ce qu'ils expliquent par la nécessité de faire du consensus. Mais ce qu'ils réalisent dans les sessions de travail est autre chose. Dans l'exemple du point 3.3.3, nous avons montré l'entrelacement de la dynamique cognitive et créatrice. Cet exemple n'est pas le seul et l'on observe à de nombreuses reprises ce jeu interactionnel au cours duquel l'activité créatrice et les levées d'obstacles se nourrissent d'une négociation fine et médiée par les objets (événements à l'écran ou dessins).

Les perspectives de développement, au-delà des améliorations ergonomiques indispensables que nous avons relevées, sont donc guidées par ces trois dimensions principales :
– plasticité de l'environnement qui doit permettre de soutenir des stratégies diverses ;
– accent sur la capacité des utilisateurs à comprendre les relations entre les différents individus, les différentes générations, les différents critères de performance ;

– nécessité de conduire une réflexion sur le dispositif socio-technique global, comprenant certes l'environnement numérique lui-même, mais aussi les conditions et les objectifs de son utilisation, surtout si l'on songe à une utilisation dans un cadre pédagogique.

# 6. ANNEXES

Annexe 1. Programme de travail
Annexe 2. Manuel de formation à EcCoGen-L
Annexe 3. Questionnaires post-session
Annexe 4. Résultats des questionnaires post-session